

PUB-NO: WO003052350A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: WO 3052350 A1

TITLE: THIN-FILM MICROMACHINE RESONATOR, THIN-FILM  
MICROMACHINE RESONATOR GYROSCOPE, NAVIGATION SYSTEM USING  
THE THIN-FILM MICROMACHINE RESONATOR GYROSCOPE, AND  
AUTOMOBILE

PUBN-DATE: June 26, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

| NAME             | COUNTRY |
|------------------|---------|
| OUCHI, SATOSHI   | JP      |
| NOZOE, TOSHIYUKI | JP      |
| NOMURA, KOJI     | JP      |
| TAJIKA, HIROFUMI | JP      |

ASSIGNEE-INFORMATION:

| NAME                           | COUNTRY |
|--------------------------------|---------|
| MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD | JP      |
| OUCHI SATOSHI                  | JP      |
| NOZOE TOSHIYUKI                | JP      |
| NOMURA KOJI                    | JP      |
| TAJIKA HIROFUMI                | JP      |

APPL-NO: JP00212310

APPL-DATE: November 26, 2002

PRIORITY-DATA: JP2001360560A ( November 27, 2001) , JP2002300116A ( October 15, 2002)

INT-CL (IPC): G01C019/56, G01P009/04 , G01C021/00 , H03H009/17 , H01L041/08

EUR-CL (EPC): G01C019/56 ; H03H009/21

ABSTRACT:

CHG DATE=20031129 STATUS=C>A thin-film micromachine resonator

(resonator)

having an improved drive efficiency, a resonator gyroscope having an improved sensitivity to angular velocity, a navigation system using the resonator

gyroscope and an automobile are disclosed. The resonator comprises a tuning

fork made of a non-piezoelectric material and first and second electrodes

provided inside and outside a major surface of an arm of the tuning fork.

Third and fourth electrodes are provided on first and second piezoelectric thin

films provided on the first and second electrodes. AC voltages of mutually

opposite phases are applied to the third and fourth electrodes. The tuning

fork resonates, vibrating in the direction perpendicular to the center line.

The resonator gyroscope has a sensing part made up of another electrode and

another piezoelectric thin film for sensing a Coriolis force corresponding to

the angular velocity applied to the resonator.

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 6 月 26 日 (26.06.2003)

PCT

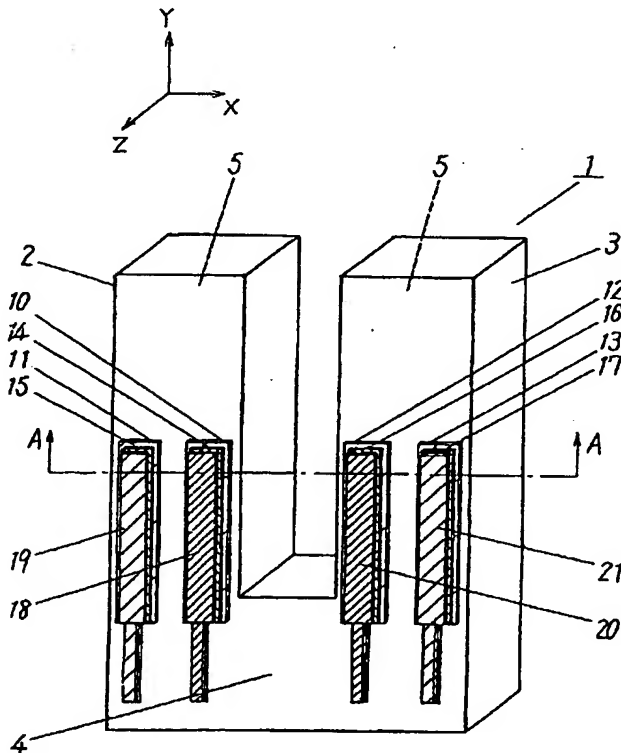
(10) 国際公開番号  
WO 03/052350 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01C 19/56, G01P 9/04, (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電  
G01C 21/00, H03H 9/17, H01L 41/08 器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUS-  
TRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府 門真市  
大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/12310
- (22) 国際出願日: 2002 年 11 月 26 日 (26.11.2002)
- (72) 発明者: および
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 大内 智  
(OUCHI, Satoshi) [JP/JP]; 〒663-8002 兵庫県 西宮市  
一里山町 1 1-1 0-2 0 3 Hyogo (JP). 野添 利幸  
(NOZOE, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒605-0953 京都府 京  
都市東山区今熊野南日吉町 1-2 0 Kyoto (JP). 野  
村 幸治 (NOMURA, Koji) [JP/JP]; 〒630-0121 奈良  
県 生駒市 北大和 2-2 2-1 3 Nara (JP). 多鹿 博文  
(TAJIMA, Hirofumi) [JP/JP]; 〒535-0031 大阪府 大阪  
市旭区 高殿 2-1 8-1 3-3 1 1 Osaka (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
- 特願 2001-360560 2001 年 11 月 27 日 (27.11.2001) JP
- 特願 2002-300116 2002 年 10 月 15 日 (15.10.2002) JP

[続葉有]

(54) Title: THIN-FILM MICROMACHINE RESONATOR, THIN-FILM MICROMACHINE RESONATOR GYROSCOPE, NAV-  
IGATION SYSTEM USING THE THIN-FILM MICROMACHINE RESONATOR GYROSCOPE, AND AUTOMOBILE

(54) 発明の名称: 薄膜微小機械式共振子、薄膜微小機械式共振子ジャイロ、この薄膜微小機械式共振子ジャイロを  
用いたナビゲーションシステム及び自動車



(57) Abstract: A thin-film micromachine resonator (resonator) having an improved drive efficiency, a resonator gyroscope having an improved sensitivity to angular velocity, a navigation system using the resonator gyroscope and an automobile are disclosed. The resonator comprises a tuning fork made of a non-piezoelectric material and first and second electrodes provided inside and outside a major surface of an arm of the tuning fork. Third and fourth electrodes are provided on first and second piezoelectric thin films provided on the first and second electrodes.

[続葉有]



(74) 代理人: 岩橋 文雄, 外(IWAHASHI, Fumio et al.); 〒571-8501 大阪府 門真市 大字門真 1006 番地 松下電器産業株式会社内 Osaka (JP).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(81) 指定国 (国内): CN, US.

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

---

AC voltages of mutually opposite phases are applied to the third and fourth electrodes. The tuning fork resonates, vibrating in the direction perpendicular to the center line. The resonator gyroscope has a sensing part made up of another electrode and another piezoelectric thin film for sensing a Coriolis force corresponding to the angular velocity applied to the resonator.

(57) 要約:

駆動効率の向上した薄膜微小機械式共振子（共振子）、角速度の検出感度が向上した共振子ジャイロ、この共振子ジャイロを用いたナビゲーションシステム及び自動車。共振子は、非圧電材料からなる音叉、音叉のアームの主面の内側と外側に設けられた第1と第2の電極とを含む。第1と第2の電極上に、それぞれ設けられた第1と第2の圧電薄膜の上に、それぞれ第3と第4の電極が設けられる。第3、第4の電極に互いに逆相の交流電圧が印加されることにより、音叉が中心線に対して直角な方向を共振方向として共振する。共振子ジャイロは、他の電極と他の圧電薄膜からなる検知部で、この共振子に印加される角速度に応じたコリオリ力を検出する。

## 明 細 書

薄膜微小機械式共振子、薄膜微小機械式共振子ジャイロ、この薄膜微小機械式共振子ジャイロを用いたナビゲーションシステム及び自動車

5

## 技術分野

本発明は薄膜微小機械式共振子、薄膜微小機械式共振子ジャイロ、この薄膜微小機械式共振子ジャイロを用いたナビゲーションシステム及び自動車に関する。

10

## 背景技術

従来の薄膜微小機械式共振子ジャイロとしては、たとえば、米国特許第5438231号に開示されたものが知られている。

この薄膜微小機械式共振子ジャイロについて、図14、図15を用いて説明する。

図14はこの薄膜微小機械式共振子ジャイロの斜視図である。

図15は、図14に示す薄膜微小機械式共振子ジャイロの駆動部のE-E断面図である。

図14において、音叉101は、2つのアーム102、103を備えた非圧電材からなる。圧電薄膜104、105は、音叉101のアーム102、103の主面上にそれぞれ配置されている。電極106、107、108、109、110、111は、圧電薄膜104、105に、それぞれ接続されている。電極107、108、110、111に交流電圧を印加することにより、音叉101が共振する。

図15において、アーム102の中心線121、圧電薄膜104にお

25

いて、その上部に電極 107, 108 が設けられていない部分の幅 131 が示されている。矢印 141 は、圧電薄膜 104 に対して電極 107 から電極 108 に向かって加わる電界の方向を示す。

このような薄膜微小機械式共振子ジャイロにおいては、電極 107, 108 にそれぞれ対向する電極 106 が、連続した一枚の形状をしている。そのため、矢印 141 に示すような駆動に寄与しない電界成分が発生しやすい。

また、電極 107, 108 の下に設けられた圧電薄膜 104 も連続した一枚の形状をしている。そのため、例えば、電極 107 と電極 106 に挟まれた圧電薄膜 104 が Y 軸方向に伸びようとする時に、連続した圧電薄膜 104 の幅 131 の部分が、その伸びを抑制する。同様に、電極 108 と電極 106 に挟まれた圧電薄膜 104 が Y 軸方向に縮もうとする時に、幅 131 を有して連続する圧電薄膜 104 が、その縮みを抑制する。

上述のような要因により、音叉 101 の駆動効率が低下することがある。

#### 発明の開示

本発明は、駆動効率が向上した薄膜微小機械式共振子、駆動効率の向上により印加された角速度に対する検出感度が向上した薄膜微小機械式共振子ジャイロ、この薄膜微小機械式共振子ジャイロを用いたナビゲーションシステム及び自動車を提供することを目的とする。

本発明の薄膜微小機械式共振子（以下、共振子と呼ぶ）において、音叉は、少なくとも 2 つのアームとアームを連結する少なくとも 1 つの基部とを有する非圧電材料からなる。

第1の電極は、アームのうちの少なくとも一つの、少なくとも1つの主面上の中心線より内側に設けられている。

第2の電極は、主面上の中心線より外側に第1の電極と離間して設けられている。第1の圧電薄膜は、第1の電極上に設けられる。第2の  
5 圧電薄膜は、第2の電極上に設けられる。第3の電極は、第1の圧電薄膜上に設けられる。第4の電極は、第2の圧電薄膜上に設けられる。

ここで、第3、第4の電極に互いに逆相の交流電圧が印加される。このことにより、音叉がアーム主面の中心線に対して直角な方向(X方向)を共振方向として共振する。

10 この構成により、駆動に寄与しない電界成分が低減し、かつ、圧電薄膜の伸縮が妨げられない。したがって、薄膜微小機械式共振子の駆動効率が向上する。

また、本発明の共振子ジャイロは、上述の共振子と同様に、少なくとも2つのアームとアームを連結する少なくとも1つの基部とを有する非  
15 圧電材料からなる。

さらに、駆動部は、上述の、第1の電極、第1の圧電薄膜、第3の電極、第2の電極、第2の圧電薄膜、第4の電極を含む。上述のように、第3、第4の電極に互いに逆相の交流電圧が印加され、音叉がX方向を共振方向として共振する。

20 また、検知部は、少なくとも1つのアームの少なくとも1つの主面上に設けられる。検知部は、印加された角速度により、主面に直角の方向(Z方向)に発生するコリオリ力に応じたアームの撓みを、電氣的または光学的な出力として検出する

この構成により、駆動に寄与しない電界成分が低減され、かつ、圧電  
25 薄膜の伸縮が妨げられない。したがって、このジャイロにおいて、駆動

効率が向上し、印加された角速度に対する検出感度が向上する。

さらに、本発明の共振子ジャイロは、次のような検知部と、さらにリード部を含む。

検知部は、第 5 の電極、第 3 の圧電薄膜と第 6 の電極とを含む。

- 5     第 5 の電極は、主面上に設けられた第 1、第 2 の電極に対して離間し、かつ第 1、第 2 の電極よりもアームの先端側に設けられている。第 3 の圧電薄膜は、第 5 の電極上に設けられている。第 6 の電極は、第 3 の圧電薄膜上に設けられている。

リード部は、第 1 の引き出し電極と第 2 の引き出し電極を含む。

- 10    第 1 の引き出し電極は、第 1、第 2 の電極と離間して、それらの間に設けられ、前記第 5 の電極と接続されている。第 4 の圧電薄膜は、第 1 の引き出し電極上に設けられている。第 2 の引き出し電極は、第 4 の圧電薄膜上に設けられ、第 6 の電極と接続されている。

- 15    ここで、アームの撓みによる振動によって生ずる電荷が、第 6 の電極により検出される。

この構成により、駆動に寄与しない電界成分が低減され、かつ、圧電薄膜の伸縮を妨げられない。したがって、このジャイロにおいて、駆動効率が向上し、印加された角速度に対する検出感度が向上する。

- 20    さらに、第 1 の引き出し電極と第 2 の引き出し電極の間の絶縁膜として、第 4 の圧電薄膜が用いられている。この構成は、量産性の向上に寄与する。

また、これらの共振子ジャイロは、ナビゲーションシステムに用いられる。

- 25    さらに、これらの共振子ジャイロは、自動車において、ヨーレート、ローリング、ピッチングのいずれかを検出するセンサとして用いられる。



### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施の形態 1 における薄膜微小機械式共振子の斜視図である。

5 図 2 は、実施の形態 1 における共振子のアームの A-A 断面図である。

図 3 は、実施の形態 1 における共振子の駆動部の動作を説明するための斜視図である。

図 4 は、実施の形態 1 における共振子の駆動部の動作を説明するための斜視図である。

10 図 5 は、実施の形態 1 における共振子のアームを構成する材料のステイフネスを示す特性図である。

図 6 は、菱面体晶構造の圧電薄膜の分極状態を説明する図である。

図 7 は、正方晶構造の圧電薄膜の分極状態を説明する図である。

図 8 は、本発明の実施の形態 2 における薄膜微小機械式共振子ジャイロの斜視図である。

図 9 は、実施の形態 2 における共振子ジャイロのアームの B-B 断面図である。

図 10 A は、本発明の実施の形態 3 における薄膜微小機械式共振子ジャイロの一方の主面側から見た斜視図である。

20 図 10 B は、実施の形態 3 における共振子ジャイロの他方の主面側から見た斜視図である。

図 11 は、実施の形態 3 における共振子ジャイロのアームの C-C 断面図である。

図 12 は、本発明の実施の形態 4 における薄膜微小機械式共振子ジャイロの斜視図である。

25

図 1 3 は、実施の形態 4 における共振子ジャイロのアームの D-D 断面図である。

図 1 4 は、従来の薄膜微小機械式共振子ジャイロの斜視図である。

図 1 5 は、従来の共振子ジャイロの駆動部の E-E 断面図である。

5

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について、図 1 から図 1 3 を用いて説明する。

(実施の形態 1)

10 図 1 は、実施の形態 1 の薄膜微小機械式共振子の斜視図である。

図 2 は、この共振子のアームの A-A 断面図である。

図 3 は、この共振子の駆動部の動作を説明するための斜視図である。

図 4 は、この共振子の駆動部の動作を説明するための斜視図である。

15 図 5 は、この共振子のアームを構成する材料のスティフネスを示す特性図である。

図 6 は、菱面体晶構造の圧電薄膜の分極状態を説明する図である。

図 7 は、正方晶構造の圧電薄膜の分極状態を説明する図である。

図 1 ~ 図 4 において、薄膜微小機械式共振子（以下、共振子と呼ぶ）は、下記のように構成されている。

20 共振子 1 は、アーム 2、3 と基部 4 を含み、共振子 1 は、主面 5 を有する。

アーム 2、3 は、中心線 6、7 で、外側と内側に分けられる。

第 1 の電極 10、第 2 の電極 11 は、アーム 2 の主面 5 上に、中心線 6 の内側と、外側にそれぞれ離間して設けられている。

25 もう一つの第 1 の電極 12 ともう一つの第 2 の電極 13 は、アーム 3

の主面 5 上に、中心線 7 の内側と、外側にそれぞれ離間して設けられている。

第 1 の圧電薄膜 14, 16 は、第 1 の電極 10, 12 上に、それぞれ設けられている。

- 5 第 2 の圧電薄膜 15, 17 は、第 2 の電極 11, 13 上に、それぞれ設けられている。

第 3 の電極 18, 20 は、第 1 の圧電薄膜 14, 16 の上にそれぞれ設けられている。

- 10 第 4 の電極 19, 21 は、第 2 の圧電薄膜 15, 17 の上に、それぞれ設けられている。

共振子 1 は、2つのアーム 2, 3 とアーム 2, 3 を連結する基部 4 とを有したシリコン (Si) からなる音叉を基材としている。

- 15 上述のように、アーム 2 上の第 1 の圧電薄膜 14 と第 2 の圧電薄膜 15 は中心線 6 をはさんで離間している。同様に、アーム 3 上の第 1 の圧電薄膜 16 と第 2 の圧電薄膜 17 は中心線 7 をはさんで離間している。また、第 3 の電極 18 と第 4 の電極 19 も中心線 6 をはさんで離間している。第 3 の電極 20 と第 4 の電極 21 も中心線 7 をはさんで離間している。

- 20 第 1 の圧電薄膜 14, 16、第 2 の圧電薄膜 15, 17 は、いずれもチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) である。

以下に共振子 1 の製作プロセスを簡単に説明する。

初めに、略厚さ 0.2 mm の (110) 面の Si ウエハが準備される。

- 25 この Si ウエハ上に、第 1 電極 10, 12、第 2 の電極 11, 13 の下部側を構成する Ti が、スパッタもしくは蒸着により、略 100 Å の厚さに成膜される。この上に、これらの電極の上部側を構成する Pt -

Ti等の材料が、スパッタもしくは蒸着により、略4000Åの厚さに成膜される。

次に、この上に、PZT等の圧電薄膜の良好な配向を得るための製造条件の許容範囲を広くすることができる、ランタンとマグネシウムが添加されたチタン酸鉛（PLMT）膜（図示せず）が、スパッタにより略200Åの厚さとなるように成膜される。

この上に、第1の圧電薄膜14、16と第2の圧電薄膜15、17としての、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）が、スパッタにより、略2～3μmの厚さとなるように成膜される。

10 この後、第3電極18、20と第4の電極19、21としての下部側を構成するTiが、スパッタもしくは蒸着により、略25Åの厚さとなるように成膜される。この上に上部側を構成するAu、Cr、Al、Cu、Ti等の材料が、スパッタもしくは蒸着により、略3000Åの厚さとなるように成膜される。

15 Ti膜は、PZT等の圧電薄膜とAu膜と密着性が強固である。Au膜は電気抵抗が小さく、かつ、安定な上部電極を構成できる。

この後、フォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術を用いて、図1、図2に示すような、第3の電極18、20と第4の電極19、21、第1の圧電薄膜14、16と第2の圧電薄膜15、17、PLMT膜、第1の電極10、12と第2の電極11、13、アーム2、3、基部4が加工され、音叉形状の共振子1が得られる。

このとき、共振子1の振動方向（X方向）と、Siの（1-11）面または（-111）面が、直角になるようにパターンニングされる。このことにより、振動方向に対して、材料のヤング率の高い方向、すなわちスチフネスの高い方向が利用でき、固有共振周波数の高い共振子1

25

が得られる。

上記のプロセスにより形成された共振子 1 の寸法は、全幅 1 mm、全長 5 mm、全厚さ約 0.2 mm で、駆動方向 (X 方向) の 1 次モードの共振周波数  $f$  は 17 kHz である。

5 以下に、この共振子 1 の動作原理について説明する。

図 3、図 4 において、矢印 31 は、分極方向を示し、矢印 32, 33 は、第 1 の圧電薄膜 14 の伸縮方向を示す。

図 3、図 4 において、第 1 の電極 10 と第 3 の電極 18 の間に、約 DC 20 V が印加される。このとき、両電極 10, 18 に挟まれた第 1 の  
10 圧電薄膜 14 の分極ベクトルの方向は一方向に揃う。

例えば、第 1 の電極 10 がプラス側に、第 3 の電極 18 がマイナス側になるように DC 電圧が印加されると、矢印 31 に示すような方向に分極ベクトルが向く。

以上、第 1 の圧電薄膜 14 についてのみ説明した。第 1 の圧電薄膜 1  
15 6、第 2 の圧電薄膜 15, 17 も同じように、矢印 31 に示すような方向に分極ベクトルが向く。

第 1 の圧電薄膜 14 についても、図 3 に示すように、第 3 の電極 18 側が第 1 の電極 10 側よりも高電位になるように電圧が印加されると、第 1 の圧電薄膜 14 は、矢印 31 に示す方向の分極ベクトルと垂直な矢  
20 印 32 の方向に伸びる。逆に、図 4 に示すように、第 3 の電極 18 側が、第 1 の電極 10 よりも低電位になるように電圧が印加されると、第 1 の圧電薄膜 14 は、矢印 31 に示す方向の分極ベクトルと垂直な矢印 33 の方向に縮む。

したがって、第 1 の電極 10 が GND 電極又は仮想 GND 電極とされ  
25 て、第 3 の電極 18 に交流電圧が印加されると、第 1 の圧電薄膜 14 は、

矢印 3 2, 3 3 に示すように伸び縮みする。

以上、アーム 2 上の内側に設けられた駆動部について説明した。

アーム 2 上の外側に設けられた駆動部、アーム 3 上の内側、外側に設けられた駆動部も同様に動作する。

- 5      また、図 2 に示す第 3 の電極 1 8 と第 4 の電極 1 9 に、互いに位相が 1 8 0° 異なる交流電圧が、印加されると、第 1 の圧電薄膜 1 4 が伸びる場合は、第 2 の圧電薄膜 1 5 は縮む。逆に、第 1 の圧電薄膜 1 4 が縮む場合は、第 2 の圧電薄膜 1 5 は伸びる。

- 10      以上の原理に基づき、第 3 の電極 1 8, 2 0 に同位相、第 4 の電極 1 9, 2 1 に第 3 の電極 1 8, 2 0 と逆位相の交流電圧が印加されると、アーム 2, 3 は、X 方向において、互いに逆方向に音叉共振する。

また、第 1 の圧電薄膜 1 4, 1 6 と第 2 の圧電薄膜 1 5, 1 7 の伸び縮みの量をより均等にさせて、共振子 1 をより安定に振動させるためには、次のような構成が好ましい。

- 15      アーム 2, 3 のそれぞれの中心線 6, 7 に対して、第 1 の電極 1 0, 1 2 と第 2 の電極 1 1, 1 3、第 1 の圧電薄膜 1 4, 1 6 と第 2 の圧電薄膜 1 5, 1 7 及び第 3 の電極 1 8, 2 0 と第 4 の電極 1 9, 2 1 がほぼ対称に配置される。

- 20      これにより、第 1 の圧電薄膜 1 4, 1 6 と第 2 の圧電薄膜 1 5, 1 7 に発生する駆動電界のバランスが良くなる。したがって、第 1 の圧電薄膜 1 4, 1 6 と第 2 の圧電薄膜 1 5, 1 7 の伸び縮みが均等になる。こうして、共振子 1 における所定の振動方向 (X 方向) 以外への振動ずれが発生しにくい。その結果、共振子 1 の駆動性能が一層向上する。

- 25      また、共振子 1 を構成するアーム 2, 3、基部 4 もアーム 2, 3 に平行な軸に対して、ほぼ対称とすることで、安定な共振が得られる。

本実施の形態 1 においては、共振子 1 の両方のアーム 2, 3 の一方の主面 5 に、第 1、第 2、第 3、第 4 の電極及び第 1、第 2 の圧電薄膜を設ける構成について説明した。

また、一方のアームの一方の主面のみ、または、両主面に第 1、第 2、  
5 第 3、第 4 の電極及び第 1、第 2 の圧電薄膜を設けて、共振子 1 を駆動して、共振させてもよい。

図 5 は、 $Si(110)$  面ウエハにおいて、方向によるスティフネスの違いを示す特性図である。

縦軸はスティフネス、横軸は方向に対応した回転角度であり、0 度の  
10  $\langle 1-10 \rangle$  方向を基点としている。

また、図 5 において、45 度あるいは 135 度のスティフネスが最大になることがわかる。回転角度 45 度、135 度は、それぞれ  $\langle 1-11 \rangle$  方向、 $\langle -111 \rangle$  方向に対応する。したがって、共振子 1 の共振  
15 方向が、スティフネスが最大となる  $\langle 1-11 \rangle$  方向、 $\langle -111 \rangle$  方向に選ばれると、より固有共振周波数の高い共振子が得られる。

図 6 は、図 1 に示すアーム 2, 3 の主面 5 に平行に  $(001)$  面が配向した菱面体晶構造の第 1、第 2 の圧電薄膜 14, 16, 15, 17 の  $\langle 001 \rangle$  方向に分極処理を行った後の分極状態を示す。

第 1、第 2 の圧電薄膜 14, 16, 15, 17 の  $\langle 001 \rangle$  方向に印  
20 加する駆動電界に対して、4 つの分極ベクトル方向  $\langle 111 \rangle$ 、 $\langle 1-11 \rangle$ 、 $\langle -1-11 \rangle$ 、 $\langle -111 \rangle$  は等価となる。したがって、共振子 1 に大きな駆動電界が加えられても、4 つの分極ベクトルが回転することがない。そのため、圧電定数のヒステリシスが少なくなるため、ヒステリシスの少ない共振子 1 が得られる。

25 図 7 は、別の圧電薄膜の例として、図 1 に示すアーム 2, 3 の主面 5

に平行に(111)面が配向した正方晶構造の第1の圧電薄膜14, 16と第2の圧電薄膜15, 17の<111>方向に分極処理を行った後の分極状態を示す。

第1、第2の圧電薄膜14, 16, 15, 17の<111>方向に印加する電界に対して、3つの分極ベクトル方向<100>、<010>、<001>は等価となる。したがって、大きな駆動電界を加えても分極ベクトルが回転することがないために、圧電定数のヒステリシスは少ない。

したがって、ヒステリシスの少ない共振子1が得られる。

図1に示すように、駆動部を構成する第1の電極10, 12と第2の電極11, 13、第1の圧電薄膜14, 16と第2の圧電薄膜15, 17、第3の電極18, 20と第4の電極19, 21は、アーム2, 3の主面5の中央部から基部4近傍の間に設けるのが好ましい。なぜなら、この場合、2次モードの共振周波数におけるアドミッタンスが小さく、安定した振動が得られるからである。

その詳しい理由は次のとおりである。

アーム2, 3の主面5上において、アーム2, 3の中央部よりも先端側に第1の電極10, 12と第2の電極11, 13、第1の圧電薄膜14, 16と第2の圧電薄膜15, 17、第3の電極18, 20と第4の電極19, 21が配置されとする。このとき、共振子1のアーム2, 3の駆動方向(X方向)の1次モードの共振周波数( $f = 17 \text{ kHz}$ )におけるアドミッタンスよりも、X方向の2次モードの共振周波数( $f = 110 \text{ kHz}$ )におけるアドミッタンスが大きくなる。

そのため、例えば、共振子1が、1次モードの共振周波数で振動してても、外部から衝撃等が印加された場合、2次モードの共振周波数で振



動してしまう可能性が高い。

以上の説明において、第1の電極10、12と第2の電極11、13が、GND電極又は仮想GND電極とされる。第3の電極18、20に同位相の交流電圧が、印加される。第4の電極19、21には、第3の電極18、20と逆位相の交流電圧が印加される。

第1の電極10と第2の電極11及び第1の電極12と第2の電極13がそれぞれ離間している。そのため、次のように、交流電圧が各電極へ印加されてもよい。

第1の電極10、12と第4の電極19、21に、同相の交流電圧が印加される。そのとき、第2の電極11、13と第3の電極18、20が同相の交流電圧が印加される。ここで、第1の電極10、12と第2の電極11、13に印加される交流電圧は逆相となるようにされる。このことで、各圧電薄膜14、16、15、17へ印加できる駆動電界は、大きくできる。同時に、各圧電薄膜14、16、15、17へ印加される駆動電界の微調整が可能になる。さらに、振動子の起動時間が短くなる。また、振動子の駆動のため消費電力を低くすることもできる。

図1、図2に示すように、第1の圧電薄膜14、16と第2の圧電薄膜15、17の面積は、それぞれ、第3の電極18、20と第4の電極19、21の面積より大きい。

第1の電極10、12と第2の電極11、13の面積は、それぞれ、第1の圧電薄膜14、16と第2の圧電薄膜15、17の面積より大きい。そのため、第3の電極18、20と第4の電極19、21または第1の圧電薄膜14、16と第2の圧電薄膜15、17のいずれかにパターンニングのずれが生じた場合でも、第3の電極18、20と第1の電極10、12のそれぞれの間と、第4の電極19、21と第2の電極11、

13のそれぞれの間の短絡を防ぐことができる。

以上の説明においては、図1、図2に示すように第1の電極10、12、第2の電極11、13、第1の圧電薄膜14、16、第2の圧電薄膜15、17が露出している。

5     また、第1の電極10、12、第2の電極11、13、第1の圧電薄膜14、16、第2の圧電薄膜15、17の周辺部がポリイミド等の絶縁膜で覆われてもよい。このことにより、第3の電極18、20、第4の電極19、21、第1の圧電薄膜14、16、第2の圧電薄膜15、17のいずれかの間に大きなパターンニングのずれが生じた場合でも、  
10   第3の電極18、20と第1の電極10、12とのそれぞれの間の短絡と、第4の電極19、21と第2の電極11、13それぞれの間の短絡を防ぐことができる。

また、本実施の形態1においては、音叉構造体にSiが用いられている。これは、Siが機械的に強度が大であり、大きな振幅で音叉が共振  
15   でき、また半導体プロセス技術により高精度な加工が容易であるからである。

また、音叉構造体に、他の非圧電材料、例えば、ダイヤモンド、溶融石英、アルミナ、GaAs等などが用いられてもよい。

また、本実施の形態1においては、第1の電極10、12と第2の電  
20   極11、13が、それらの下部に設けられたTi膜と上部に設けられたPt-Ti膜からなる。Ti膜は、Si及びPt-Ti膜と密着性がよいので、Siからなる主面5及びPt-Ti膜と、強固に密着する。

また、Pt-Ti膜の上には、アーム2、3の主面5に平行に(001)面が配向した菱面体晶構造のPZT、または、(111)面が配向した  
25   正方晶構造のPZTからなる第1、第2の圧電薄膜14、16、15、

17が良好に形成される。したがって、ヒステリシスの少ない共振子1が実現できる。

また、第1の電極10、12と第2の電極11、13の上部側には、I.r-T.i膜等が使用されてもよい。

5     しかし、必ずしもこれらの構成のみに限定されるものではない。

また、本実施の形態1においては、圧電薄膜の材料としてPZTを用いて説明してきた。また、PZTにMg, Nb, Mnの内から少なくとも1つを加えたPZT系の材料が用いられてもよい。PZT, PZT系の材料は、その圧電定数が大きいため、電気・機械変換効率が高くなる。

10     圧電薄膜を形成する手法は、スパッタ法以外に、蒸着法、ゾル・ゲル法、レーザーアブレーション法、水熱合成法、CVD法が用いられてもよい。

また、第3の電極18、20と第4の電極19、21の、それぞれの下側に形成される第1の圧電薄膜14、16と第2の圧電薄膜15、17、第1の電極10、12、第2の電極11、13がそれぞれ離間されている。そのため、駆動に寄与しない電界成分を低減させ、かつ、圧電薄膜の伸縮が妨げられず、共振子1の駆動効率が向上する。

また、図1に示すように音叉形状の共振子1の一方の主面5のみに第1、第2、第3、第4の電極及び第1、第2の圧電薄膜が形成される。  
20     したがって、共振子1は、簡易なプロセスで作製可能であり量産性に優れる。

また、本実施の形態においては、音叉の主面5が、Siの(110)面になるウエハが用いられている。

また、Siの(100)面ウエハが用いられてもよい。このウエハに  
25     関して、回転角度0度の<010>方向を基点として、方向によっての

スティフネスを考察すると、 $\langle 010 \rangle$ 方向、 $\langle 011 \rangle$ 方向または $\langle 001 \rangle$ 方向において、角度のズレに対するスティフネスの変化が小さくなる。

したがって、 $(100)$ 面ウエハにおける $(010)$ 面、 $(011)$ 面または $(001)$ 面を、共振方向(X方向)と直角にして、共振子が形成されてもよい。このことで、角度のズレに対するスティフネスの変化が小さく音叉の固有共振周波数のバラツキの小さい共振子が得られる。

また、Siの $\langle 011 \rangle$ 方向は、スティフネスが大きいため、この方向を共振方向することで、固有共振周波数の高い共振子を実現することもできる。

#### (実施の形態2)

図8は本発明の実施の形態2における薄膜微小機械式共振子ジャイロの斜視図である。

図9は同共振子ジャイロのアームのB-B断面図である。

本実施の形態2において、実施の形態1において述べた構成と同一構成部分には同一番号を付して詳細な説明を省略し、異なる部分についてのみ詳述する。

図8、図9において、薄膜微小機械式共振子ジャイロ40（以下、共振子ジャイロと呼ぶ）を示す。

共振子ジャイロ40において、Siからなるアーム2、3の主面5上のほぼ中央部から先端の間に、印加された角速度を検出するための検知部が設けられている。

アーム2の上の検知部は、アーム2の主面5上に設けられた第5の電極41、第3の圧電薄膜43と第6の電極45を含む。アーム3の上の

検知部は、アーム 3 の主面 5 上に設けられた第 5 の電極 4 2、第 3 の圧電薄膜 4 4 と第 6 電極 4 6 を含む。

第 3 の圧電薄膜は、第 5 の電極の電極上に設けられる。第 6 の電極は、第 3 の圧電薄膜の上に設けられている。

- 5 第 5 の電極 4 1、4 2 においては、第 1 の電極 1 0、1 2 と第 2 の電極 1 1、1 3 と同様に、略 1 0 0 Å の厚さの T i 膜が、その下部側を構成する。略 4 0 0 0 Å の厚さの P t - T i 等の材料からなる膜が、その上部側を構成する。

- 10 第 5 の電極の上部側を構成する P t - T i 等の材料からなる膜と P Z T 等からなる第 3 の圧電薄膜との間には、略 2 0 0 Å の厚さの P L M T 膜が設けられている。

- さらに、第 6 の電極 4 5、4 6 においては、第 3 の電極 1 8、2 0 と第 4 の電極 1 9、2 1 と同様に、略 2 5 Å の厚さの T i 膜が、その下部側を構成する。略 3 0 0 0 Å の厚さの A u 等の材料からなる膜が、その  
15 上部側を構成する。

第 1 の引き出し電極 4 7 は、アーム 2 の主面 5 上に、中心線 6 を含むように、かつ、第 1 の電極 1 0、第 2 の電極 1 1 と離間して設けられている。第 1 の引き出し電極 4 7 は、第 5 の電極 4 1 と接続されている。

- 20 第 1 の引き出し電極 4 7 は、第 5 の電極 4 1 と同様に、下部側を構成する略 1 0 0 Å の厚さの T i 膜と、この上に上部側を構成する略 4 0 0 0 Å の厚さの P t - T i 等の材料からなる膜よりなる。

絶縁膜 4 8 はポリイミド等からなり、第 1 の引き出し電極 4 7 を覆い、かつ、第 1 の電極 1 0 と第 2 の電極 1 1 の間及び第 1 の圧電薄膜 1 4 と第 2 の圧電薄膜 1 5 の間を埋める。

- 25 さらに、絶縁膜 4 8 の上には中心線 6 を含むように、かつ、第 3 の電

極 18、第4の電極19とは離間するように、第2の引き出し電極50が設けられ、第6の電極45と接続されている。

第2の引き出し電極50は、第6の電極45と同様に下部側を構成する略25Åの厚さのTi膜と、この上に上部側を構成する略3000Åの厚さのAu等の材料からなる膜よりなる。

アーム3の主面5上に中心線7（図示せず）を含むように、かつ、第1、第2の電極12、13とは離間するように、第1の引き出し電極が設けられている。この第1の引き出し電極は、第5の電極42と接続されている。この第1の引き出し電極の上には、絶縁膜48と同じ構成の絶縁膜49が設けられている。

さらに、絶縁膜49の上には、中心線7（図示せず）を含むように、かつ、第3、第4の電極20、21とは離間するように第2の引き出し電極51が設けられている。この第2の引き出し電極51は、第6の電極46と接続されている。

本実施の形態2においても、図8、図9に示すように、第1の圧電薄膜14、16と第2の圧電薄膜15、17の面積は、それぞれ、第3の電極18、20と第4の電極19、21の面積より大きい。

また、第1の電極10、12と第2の電極11、13の面積は、それぞれ、第1の圧電薄膜14、16と第2の圧電薄膜15、17の面積より大きい。

したがって、第3の電極、第4の電極、第1の圧電薄膜と第2の圧電薄膜とのいずれかにパターンニングのずれが生じた場合でも、第1の電極と第3の電極、第2の電極と第4の電極との、それぞれの短絡を防ぐことができる。

また、第3の圧電薄膜の面積は、第6の電極の面積より大きい。第5

の電極の面積は、第3の圧電薄膜の面積より大きい。そのため、第6の電極または第3の圧電薄膜にパターンニングのずれが生じた場合でも、第6の電極と第5の電極との短絡を防ぐことができる。

図8、図9においては、絶縁膜48、49は、第1の電極と第2の電極との間、第1の圧電薄膜と第2の圧電薄膜との間を埋めている。

さらに、より好ましくは、第1の電極、第2の電極の側面全体も含めた周辺部全体及び第1の圧電薄膜、第2の圧電薄膜の側面全体を含む周辺部全体を、絶縁膜が覆ってもよい。

さらに、より好ましくは、第5の電極の側面全体も含めた周辺部全体及び第3の圧電薄膜の側面全体を含む周辺部全体を、絶縁膜が覆ってもよい。

このように構成することにより、第3の電極、第4の電極、第6の電極、第1の圧電薄膜、第2の圧電薄膜、第3の圧電薄膜のいずれかに大きなパターンニングのずれが生じた場合にも、第1の電極と第3の電極の間、第2の電極と第4の電極の間、第5の電極と第6の電極の間での短絡を防ぐことができる。

また、共振子ジャイロ40の寸法は、全幅1mm、全長5mm、全厚さ約0.2mmで、駆動方向(X方向)の1次モードの共振周波数 $f$ は、実施の形態1で述べた通り、17kHzである。主面5に対して直角な方向である検出方向(Z方向)の1次モードの共振周波数 $f$ は16kHzである。

以下に、角速度の検出原理について説明する。

実施の形態1で説明したように、アーム2、3がX方向に $f = 17 \text{ kHz}$ で共振している状態で、Y軸回りに角速度が印加されると、アーム

2, 3はコリオリ力によりZ軸方向に互に逆向きに撓む。この撓みによりアーム2, 3上にそれぞれ設けられている第3の圧電薄膜43, 44には、それぞれ逆向きの電荷が発生する。第6の電極45, 46が、この逆向きの電荷を検出することにより、印加された角速度に対応した出力5 力が得られる。

第1の電極、第1の圧電薄膜と第2の電極、第2の圧電薄膜は、実施の形態1で説明したようにアームの中心線を挟んで互いに離間されている。そのため、駆動に寄与しない電界成分が低減する。さらに、圧電薄膜の伸縮が妨げられ難い。そのため、この共振子ジャイロ40において10 は、駆動効率が向上し、印加された角速度に対する検出出力の感度が向上する。

また、駆動のための第1の圧電薄膜、第2の圧電薄膜と、検出のための第3の圧電薄膜も離間されている。そのため、第3の電極、第4の電極のそれぞれと第6の電極との間に発生する容量結合成分が低減する。15 したがって、共振子ジャイロ40においては、印加された角速度に対して、安定な検出出力が得られる。例えば、温度変化に対して、安定度の高い検出出力が得られる。

また、本実施の形態2においても、実施の形態1と同じく、下記のような場合について、述べられている。20 すなわち、第1、第2の電極が、GND電極又は仮想GND電極とされて、第3の電極に同位相、第4の電極には第3の電極と逆位相の交流電圧が印加される。

第1と第4の電極が同相で、第2と第3の電極が同相で、第1と第2の電極が逆相になるように、交流電圧がそれぞれの電極に印加されても25 よい。この場合、各圧電薄膜14, 16, 15, 17へ印加できる駆動



電界がより大きい。したがって、この共振子ジャイロ40においては、その駆動効率がより向上し、印加された角速度に対する検出感度がより向上する。また、起動時間が短縮され、低消費電力化で駆動することも可能である。

- 5      また、実施の形態1と同様に、第3と第4の電極、第1と第2の圧電薄膜が、アームの中心線に対して、それぞれ対称に配置されている。そのため、共振子ジャイロ40において、所定の振動方向（X方向）以外への振動ずれが発生しにくい。したがって、印加された角速度に対して、さらに高感度で高品位な検出出力が得られる。
- 10     また、第3の圧電薄膜が第1、第2の圧電薄膜のそれぞれと離間している。さらに、第6の電極と第3、第4の電極のそれぞれが離間している。そのため、第6の電極と第3、第4の電極それぞれとの間に発生する容量結合成分が低減する。したがって、共振子ジャイロ40において、印加された角速度に対して、安定した検出出力が得られる。
- 15     また、第1、第2の電極と、第3、第4の電極と、第1、第2の圧電薄膜とは、アームの中心線に対して、それぞれ対称に配置されている。さらに、第5、第6の電極と、第1、第2の引き出し電極、及び第3の圧電薄膜43、44が、アームの中心線に対して、それぞれ対称に形成されている。
- 20     したがって、第3、第4の電極それぞれと第6の電極の間に発生する容量結合成分及び、第3、第4の電極のそれぞれと第2の引き出し電極との間に発生する容量結合成分が、キャンセルされる。さらに、X方向への駆動振動時に、第6の電極に発生する電荷もキャンセルされる。  
したがって、極めて高精度な共振子ジャイロ40が得られる。
- 25     本実施の形態2においては、印加された角速度の検出を圧電式に検出

する場合について説明した。

これ以外にも抵抗効果、静電容量効果、光ピックアップ等を用いて、角速度を検出することも可能である。

5 (実施の形態 3)

図 10 A は、本実施の形態における共振子ジャイロの一方の主面側から見た斜視図である。

図 10 B は、この共振子ジャイロの他方の主面側から見た斜視図である。

図 11 は、この共振子ジャイロのアームの C-C 断面図である。

- 10 本実施の形態 3 において、実施の形態 1, 2 において述べた構成と同一構成部分には同一番号を付して詳細な説明を省略し、異なる部分についてのみ詳述する。

図 10、図 11 において、共振子ジャイロ 60 は、一方の主面 5 と、それに対向する他方の主面 61 を有する。

- 15 第 5 の電極 62, 63 は、アーム 2, 3 の主面 61 上にそれぞれ設けられる。第 3 の圧電薄膜 64, 65 は、第 5 の電極 62, 63 上にそれぞれ設けられる。第 6 の電極 66, 67 は、第 3 の圧電薄膜 64, 65 上にそれぞれ設けられる。

- アーム 2 における検知部は、第 5 の電極 62, 第 3 の圧電薄膜 64 と  
20 第 6 の電極 66 とを含んでいる。

アーム 3 における検知部は、第 5 の電極 63、第 3 の圧電薄膜 65 と第 6 の電極 67 を含んでいる。

- 第 5 の電極 62, 63、第 3 の圧電薄膜 64, 65 と第 6 の電極 66, 67 の材料、製作プロセスは、実施の形態 1, 2 で説明したものと基本的  
25 的に同じである。

本実施の形態 3 においても、図 10、図 11 に示すように第 1 の圧電薄膜と第 2 の圧電薄膜のそれぞれの面積は、第 3 の電極と第 4 の電極のそれぞれの面積より大きい。

また、第 1 の電極と第 2 の電極のそれぞれの面積は、第 1 の圧電薄膜  
5 と第 2 の圧電薄膜のそれぞれの面積より大きい。

そのため、第 3 の電極、第 4 の電極、第 1 の圧電薄膜、第 2 の圧電薄膜 1 とのいずれかにパターンニングのずれが生じた場合でも、第 3 の電極と第 1 の電極との短絡、第 4 の電極と第 2 の電極との短絡を防ぐことができる。

10 また、第 3 の圧電薄膜 64、65 のそれぞれの面積は、第 6 の電極 66、67 のそれぞれの面積より大きい。さらに、第 5 の電極 62、63 のそれぞれの面積は、第 3 の圧電薄膜 64、65 の面積より大きい。したがって、第 6 の電極と第 3 の圧電薄膜のいずれかにパターンニングのずれが生じた場合でも、第 6 の電極と第 5 の電極との短絡を防ぐことが  
15 できる。

本実施の形態 3 において、図 10A に示す駆動部は、図 8 に示す駆動部と同じ部位に設けられている。

図 10B に示す検知部は、Si からなるアーム 2、3 の主面 61 上の先端から基部 4 近傍までの全域に設けられている。

20 その理由は、次のとおりである。

検知部は、駆動方向（X 方向）の共振周波数のアドミッタンス特性にほとんど影響されない。また、駆動部が、検知部と同じ位置に設けられていない。そのため、検出部は、コリオリ力に起因してアーム 2、3 に発生する歪が最も大きな基部 4 近傍を含むことができる。したがって、  
25 検出部の検出面積を大きくすることができる。

上記では、検知部が、アーム 2, 3 の両方の全域にわたって構成されている場合が示されている。

検知部は、アーム 2, 3 のいずれか一つの、少なくともいずれか一方の主面 6 1 のほぼ中央部から基部 4 近傍の間に設けられていてもよい。

- 5     本実施の形態 3 においては、駆動部、検知部ともにアーム 2, 3 の両主面 5, 6 1 の、中央部から基部 4 近傍の間に設けられている。そのため、印加された角速度に対して、検出出力の精度が向上する。さらに、高感度な検出出力も得られる。

- 10    ここでも、実施の形態 1, 2 で説明したように、第 1、第 2 の電極と第 1、第 2 の圧電薄膜が、アームの中心線を挟んで、離間されている。そのため、駆動に寄与しない電界成分が低減し、かつ、圧電薄膜の伸縮が、妨げられ難い。

したがって、共振子ジャイロ 6 0 においては、その駆動効率が向上し、印加された角速度に対する検出出力の感度が向上する。

- 15    また、駆動のための第 1、第 2 の圧電薄膜と、検出のための第 3 の圧電薄膜 6 4, 6 5 も離間されている。そのため、第 3、第 4 の電極と第 6 の電極 6 6, 6 7 間に発生する容量結合成分が低減する。したがって、共振子ジャイロ 6 0 においても、印加された角速度に対して、安定な検出出力が得られる。例えば、温度変化に対して、検出出力安定性が高くなる。
- 20    なる。

ここでも、実施の形態 1, 2 と同じく、第 1、第 2 の電極が、GND 電極又は仮想 GND 電極とされ、第 3 の電極に同位相、第 4 の電極には第 3 の電極と逆位相の交流電圧が印加されている。

- 25    また、第 1 と第 4 の電極が同相で、第 2 と第 3 の電極が同相で、第 1 と第 2 の電極が逆相になるように交流電圧が印加されてもよい。この場

合、各圧電薄膜へ印加される駆動電界がより大きくなる。したがって、共振子ジャイロ 60 においても、駆動効率がより向上し、印加された角速度に対する検出感度がより向上する。また、共振子ジャイロ 60 においては、その起動時間も短縮され、低消費電力で使用され得る。

- 5      ここでも、実施の形態 1, 2 と同様に、第 3 と第 4 の電極、第 1 と第 2 の圧電薄膜は、アームの中心線について、それぞれ対称に配置されている。そのため、共振子ジャイロ 60 において、所定の振動方向（X 方向）以外への振動漏れが発生しにくい。したがって、印加された角速度に対して、高品位で一層、高感度化な検出出力が得られる。

- 10      また、本実施の形態 3 において、第 3 の圧電薄膜 64, 65 と第 1, 第 2 の圧電薄膜が離間している。また、第 6 の電極 66, 67 と第 3, 第 4 の電極が離間している。そのため、第 6 の電極と第 3, 第 4 の電極それぞれとの間に発生する容量結合成分が低減する。したがって、印加された角速度に対して、安定した検出出力化が得られる。

15

#### （実施の形態 4）

図 12 は、実施の形態 4 における共振子ジャイロの斜視図である。

図 13 は、この実施の形態の共振子ジャイロのアームの D-D 断面図である。

- 20      本実施の形態 4 において、実施の形態 1, 2, 3 において述べた構成と同一構成部分には同一番号を付して詳細な説明を省略し、異なる部分についてのみ詳述する。

図 12、図 13 において、共振子ジャイロ 70 は、第 4 の圧電薄膜 71 は絶縁膜としての第 4 の圧電薄膜を含んでいる。

- 25      第 4 の圧電薄膜 71 の材料、製作プロセスも、実施の形態 1, 2, 3

で説明したものと基本的に同じである。

第1の引き出し電極47は、アーム2の主面5上に、中心線6を含み、かつ、第1の電極10、第2の電極11とは、離間して設けられている。

第1の引き出し電極47は、第5の電極41と接続されている。第1  
5の引き出し電極47上に、略200Åの厚さのPLMT膜を介して、第4の圧電薄膜71が設けられている。

ここで、第4の圧電薄膜71は、第1、第2、第3の圧電薄膜14、15、43と同じ厚さのPZT等からなる。

第4の圧電薄膜71は、第3の圧電薄膜43に接続されている。さら  
10に、この第4の圧電薄膜71の上に、第2の引き出し電極50が設けられている。

また、アーム3の主面5上にも、上記のアーム2の主面5上に設けられた構成とまったく同じ構成で、第1の引き出し電極54上に、第4の圧電薄膜74、第2の引き出し電極51が設けられている。

15ここで、第1の引き出し電極47、48と第2の引き出し電極50、51のそれぞれの間に、絶縁膜として第4の圧電薄膜71、72が用いられている。そのため、量産性が向上する。

本実施の形態4においても、実施の形態1、2、3と同様に、第1の電極と第2の電極、第1の圧電薄膜と第2の圧電薄膜が、アームの中心  
20線を挟んで、離間されている。そのため、駆動に寄与しない電界成分が低減され、かつ、圧電薄膜の伸縮が妨げられない。

したがって、駆動効率が向上し、印加された角速度に対する検出出力の感度の向上した共振子ジャイロ70が得られる。

また、駆動のための第1の圧電薄膜14、16と第2の圧電薄膜11  
255、17と、検出のための第3の圧電薄膜43、44も離間されている。

そのため、第3の電極18、第4の電極19と第6の電極45との間、  
第3の電極20、第4の電極21と第6の電極46との間に発生する容  
量結合成分が、低減する。したがって、共振子ジャイロ70においては、  
印加された角速度に対して安定した検出出力が得られる。すなわち、例  
5 えば、温度変化に対して、安定した検出出力が得られる。

また、実施の形態1、2、3と同じく、第1の電極、第2の電極が、  
GND電極又は仮想GND電極とされる。ここで、第3の電極に同位相、  
第4の電極に第3の電極と逆位相の交流電圧が印加される。

また、第1と第4の電極が同相で、第2と第3の電極が同相で、前記  
10 第1と第2の電極が逆相になるように交流電圧が、印加されてもよい。  
この場合においては、各圧電薄膜14、16、15、17へ印加できる  
駆動電界がより大きくできる。

したがって、駆動効率がより向上し、印加された角速度に対する検出  
感度が、より向上する。また、起動時間が短縮され、低消費電力を図る  
15 ことも可能になる。

本実施の形態4においても、実施の形態1、2、3と同様に、第3の  
電極と第4の電極、第1の圧電薄膜と第2の圧電薄膜は、それぞれアーム  
の中心線に対して、対称に配置されている。

そのため、共振子ジャイロ70において、所定の振動方向（X方向）  
20 以外への振動ずれが発生しにくい。したがって、印加された角速度に対す  
る検出出力はノイズを含みにくい。したがって、高品位で高感度な検出  
出力が得られる。

また、本実施の形態4においては、第3の圧電薄膜と第1、第2の圧  
電薄膜が離間し、かつ、第6の電極と第3、第4の電極が離間している。  
25 そのため、第6の電極45と第3の電極18、第4の電極19の間、

第6の電極46と第3の電極20、第4の電極21の間に発生する容量結合成分が低減する。したがって、印加された角速度に対して、安定な検出出力が得られる。

また、本実施の形態4において、第1の電極と第2の電極、第3の電極と第4の電極、第1の圧電薄膜と第2の圧電薄膜は、アームの中心線に対して、互いに対称に配置されている。

また、第5、第6の電極、第1、第2の引き出し電極及び第3の圧電薄膜も、アームの中心線に対して、それぞれ対称に形成されている。

そのため、第3、第4の電極と第6の電極の間に発生する容量結合成分及び、第3、第4の電極と第2の引き出し電極間に発生する容量結合成分をキャンセルすることができる。さらに、X方向への駆動振動時に第6の電極45、46に発生する電荷をキャンセルすることができ、極めて高精度な共振子ジャイロ70が得られる。

本実施の形態4においても、図12、図13に示すように、第1の圧電薄膜と第2の圧電薄膜の面積は、それぞれ第3の電極と第4の電極1の面積より大きい。また、第1の電極と第2の電極の面積は、第1の圧電薄膜、第2の圧電薄膜の面積より大きい。

したがって、第3の電極、第4の電極、第1の圧電薄膜、第2の圧電薄膜のいずれかにパターンニングのずれが生じた場合でも、第3の電極と第1の電極、または第4の電極と第2の電極との短絡が起こらない。

また、第3の圧電薄膜43、44の面積は、第6の電極45、46の面積より一回り大きい。さらに、第5の電極41、42の面積は、第3の圧電薄膜43、44の面積より一回り大きい。そのため、第6の電極45、46と第3の圧電薄膜43、44のいずれかにパターンニングのずれが生じた場合でも、第6の電極と第5の電極との短絡を防ぐことが



できる。

また、第4の圧電薄膜71、72のそれぞれの面積は、第2の引き出し電極50、51のそれぞれの面積より大きい。第1の引き出し電極47、48の面積は、第4の圧電薄膜71、72の面積より大きい。したがって、第2の引き出し電極50、51と第4の圧電薄膜71、72のいずれかにパターンニングのずれが生じた場合でも、第2の引き出し電極と第1の引き出し電極との短絡を防ぐことができる。

10 実施の形態2、3、4においても、共振子ジャイロ40、60、70の音叉構造体にSiが用いられている。これは、Siが、その機械的強度が大であることや半導体プロセス技術により高精度な加工が容易であるからである。そのため、これらの共振子ジャイロは、大きな振幅で音叉共振できるので、印加された角速度に対して、高感度な検出出力が得  
15 られる。

また、音叉構造体は、他の非圧電材料、例えば、ダイヤモンド、溶融石英、アルミナ、GaAs等などで形成されてもよい。

実施の形態2、3、4においても、実施の形態1と同様に、圧電薄膜として、PZT以外にPZT系の材料が用いられてもよい。圧電薄膜の  
20 圧電定数が大きければ、電気・機械変換効率が高くなる。この場合、印加された角速度に対して、高感度な検出出力が得られる。

また、圧電薄膜の配向に関しても、実施の形態1と同様に(001)面がアームの主面に配向した菱面体晶構造、または、(111)面がアームの主面に配向した正方晶構造のものが用いられても良い。これにより、印加された駆動電界の方向に対して、複数の分極のベクトルの角度  
25

が全て等しくなる。したがって、印加された角速度に対して、安定した検出出力が得られる。

実施の形態 2, 3, 4 においては、両アーム 2, 3 共に駆動部を設けた例について説明した。また、駆動部は、いずれか一つのアームの、少  
5 なくともいずれか一つの主面のほぼ中央部から基部近傍の間に、設けられていてもよい。

実施の形態 2, 3, 4 で説明した共振子ジャイロ 40, 60, 70 は、印加された角速度に対する検出出力が高精度、かつ、高感度である。そのため、この出力を用いることにより、高精度なナビゲーションシステム  
10 ムが得られる。

また、ヨーレートセンサ、ピッチングセンサにおいて、この出力を用いることにより、自動車の安定走行に寄与する。さらに、ローリングセンサのために、この出力を用いることにより、エアバッグシステムにおける高精度な制御が可能となる。

15 カメラ等、他の様々な機器やシステムに、本発明の共振子ジャイロ 40, 60, 70 を用いることができる。

#### 産業上の利用可能性

以上のように本発明によれば、駆動に寄与しない電界成分を低減させ、  
20 かつ、圧電薄膜の伸縮を妨げず、駆動効率の向上した薄膜微小機械式共振子が得られる。

また、本発明によれば、駆動に寄与しない電界成分が低減し、かつ、圧電薄膜の伸縮が妨げられ難いため、駆動効率が向上し、印加された角速度に対する検出出力の感度が向上した薄膜微小機械式共振子ジャイロ  
25 が得られる。

さらに、本発明によれば、第 1 の引き出し電極と第 2 の引き出し電極の間の絶縁膜として第 4 の圧電薄膜が用いられているため、量産性が一段と向上した薄膜微小機械式共振子ジャイロが得られる。

## 請 求 の 範 囲

1. 薄膜微小機械式共振子であって、

(a) 少なくとも2つのアームと前記アームを連結する少なくとも1つの基部とを有する非圧電材料からなる音叉と、

5 (b) 前記アームのうちの少なくとも一つの、少なくとも一つの主面上に、その中心線より内側に設けられた第1の電極と、

(c) 前記少なくとも一つの主面上の、前記中心線より外側に前記第1の電極と離間するように設けられた第2の電極と、

(d) 前記第1の電極上に設けられた第1の圧電薄膜と、

10 (e) 前記第2の電極上に設けられた第2の圧電薄膜と、

(f) 前記第1の圧電薄膜上に設けられた第3の電極と、

(g) 前記第2の圧電薄膜上に設けられた第4の電極と

を含み、

前記第3、第4の電極に、互いに逆相の交流電圧が印加されることにより、前記音叉が前記中心線に対して直角な方向(X方向)を共振方向として共振する  
15 薄膜微小機械式共振子。

2. 請求項1に記載の薄膜微小機械式共振子であって、

20 前記第1の電極と前記第2の電極、前記第3の電極と前記第4の電極及び前記第1の圧電薄膜と前記第2の圧電薄膜は、前記中心線に対してほぼ対称となるように配置された  
薄膜微小機械式共振子。

25 3. 請求項1に記載の薄膜微小機械式共振子であって、

前記第 1、第 2、第 3、第 4 の電極及び前記第 1、第 2 の圧電薄膜は、前記少なくとも一つの主面のほぼ中央部から前記基部近傍の間に設けられた  
薄膜微小機械式共振子。

5.

4. 請求項 1 に記載の薄膜微小機械式共振子であって、  
前記第 1、第 2 の電極と前記第 1、第 2 の圧電薄膜の周辺部を覆うように絶縁膜が形成された  
薄膜微小機械式共振子。

10

5. 請求項 1 に記載の薄膜微小機械式共振子であって、  
前記音叉は、シリコン (Si) からなる  
薄膜微小機械式共振子。

15

6. 請求項 5 に記載の薄膜微小機械式共振子であって、  
前記 Si の (110) 面ウエハにおける (1-11) 面または (-111) 面が、前記共振方向と直角である  
薄膜微小機械式共振子。

20

7. 請求項 5 に記載の薄膜微小機械式共振子であって、  
前記 Si の (100) 面ウエハにおける (010) 面、(011) 面または (001) 面が前記共振方向と直角である  
薄膜微小機械式共振子。

25

8. 請求項 5 に記載の薄膜微小機械式共振子であって、

前記音叉の少なくとも一つの主面上に設けられた前記第 1、第 2 の電極は、それぞれの下部に設けられた T i 膜と、それぞれの上部に設けられた P t - T i 膜を含む  
薄膜微小機械式共振子。

5

9. 請求項 8 に記載の薄膜微小機械式共振子であって、

前記 P t - T i 膜と前記圧電薄膜との間には、さらにランタンとマグネシウムが添加されたチタン酸鉛 (P L M T) 膜が設けられた  
薄膜微小機械式共振子。

10

10. 請求項 1 に記載の薄膜微小機械式共振子であって、

前記圧電薄膜は、チタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T) または、M g, N b, M n の内から少なくとも 1 つが加えられたチタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T) 系からなる

15 薄膜微小機械式共振子。

11. 請求項 10 に記載の薄膜微小機械式共振子であって、

前記圧電薄膜は、(0 0 1) 面が前記少なくとも一つの主面に平行に配向した菱面体晶構造、または (1 1 1) 面が前記少なくとも一つ  
20 の主面に平行に配向した正方晶構造である  
薄膜微小機械式共振子。

12. 請求項 1 に記載の薄膜微小機械式共振子であって、

前記第 3、第 4 の電極は、それぞれの下部に設けられた T i 膜と  
25 それぞれの上部に設けられた A u 膜を含む

薄膜微小機械式共振子。

1 3. 請求項 1 に記載の薄膜微小機械式共振子であって、

交流電圧が、前記第 1 と第 4 の電極に同相で、前記第 2 と第 3 の

5 電極に同相で、前記第 1 と第 2 の電極が逆相で印加される

薄膜微小機械式共振子。

1 4. 薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

(1) 少なくとも 2 つのアームと前記アームを連結する少なくとも

10 1 つの基部とを有する非圧電材料からなる音叉と、

(2) 駆動部であって、

(a) 前記アームのうちの少なくとも一つの、少なくとも一つの  
主面上の中心線より内側に設けられた第 1 の電極と、

(b) 前記少なくとも一つの主面上の中心線より外側に前記第 1  
15 の電極と離間するように設けられた第 2 の電極と、

(c) 前記第 1 の電極上に設けられた第 1 の圧電薄膜と、

(d) 前記第 2 の電極上に設けられた第 2 の圧電薄膜と、

(e) 前記第 1 の圧電薄膜上に設けられた第 3 の電極と、

(f) 前記第 2 の圧電薄膜上に設けられた第 4 の電極と

20 を含む駆動部と、

(3) 検知部であって、

前記少なくとも 1 つのアームの前記少なくとも 1 つの主面上に  
設けられた検知部

とを含み、

25 前記第 3、第 4 の電極に互いに逆相の交流電圧が印加されること

により前記音叉が前記中心線に対して直角な方向（X方向）を共振方向として、

印加された角速度により、前記主面に直角の方向（Z方向）に発生するコリオリ力に応じた前記アームの撓みを、前記検知部により、電  
5 氣的または光学的な出力として検出する  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

1 5. 請求項 1 4 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
前記第 1 の電極と前記第 2 の電極、前記第 3 の電極と前記第 4 の  
10 電極及び前記第 1 の圧電薄膜と前記第 2 の圧電薄膜は、それぞれ前記中心線に対して、ほぼ対称に配置された  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

1 6. 請求項 1 4 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
15 前記駆動部は、前記アームのうちの少なくとも一つの、前記少なくとも一つの主面のほぼ中央部から基部近傍の間に設けられた  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

1 7. 請求項 1 4 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
20 前記検知部は、前記アームのうちの少なくとも一つの、前記少なくともいづれか一つの主面のほぼ中央部から基部近傍の間に設けられた  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

1 8. 請求項 1 4 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
25 前記検知部は、前記少なくとも一つの主面上に配置された前記第



1、第2の電極に対して離間するように設けられた第5の電極と、前記第5の電極上に設けられた第3の圧電薄膜と、前記第3の圧電薄膜上に設けられた第6の電極とを含む  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

5

19. 請求項14に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
前記第1、第2の電極と前記第1、第2の圧電薄膜の周辺部を覆うように絶縁膜が形成された  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

10

20. 請求項18に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
前記第5の電極は、前記第1、第2の電極よりも前記アームの先端側に設けられ、

15

第1の引き出し電極が、前記第1、第2の電極と離間して、それらの間に設けられ、

前記第5の電極は、前記第1の引き出し電極と接続され、  
少なくとも、前記第1、第2の電極、前記第1、第2の圧電薄膜の周辺部と前記第1の引き出し電極が絶縁膜で覆われ、

20

第2の引き出し電極は、前記絶縁膜上で、前記第3、第4の電極と離間して、それらの間に設けられ、

前記第6の電極は、前記第2の引き出し電極と接続され、かつ、  
前記第1と第2の電極、前記第3と第4の電極、前記第5と第6の電極、  
前記第1、第2の引き出し電極及び前記第1と第2の圧電薄膜、前記第3の圧電薄膜が前記中心線に対して、ほぼ対称に配置された

25

薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

2 1. 請求項 1 4 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
前記音叉は、シリコン (S i) からなる  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

5

2 2. 請求項 2 1 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
前記 S i の (1 1 0) 面ウエハにおける、(1 - 1 1) 面または  
(- 1 1 1) 面が、前記共振方向 (X 方向) と直角をなす  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

10

2 3. 請求項 2 1 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
前記 S i の (1 0 0) 面ウエハにおける、(0 1 0) 面、(0 1  
1) 面または (0 0 1) 面が、前記共振方向 (X 方向) と直角をなす  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

15

2 4. 請求項 2 1 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
前記第 1、第 2、第 5 の電極は、それぞれの下部に設けられた T  
i 膜と、それぞれの上部に設けられた P t - T i 膜とを含む  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

20

2 5. 請求項 2 4 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
前記 P t - T i 膜と前記圧電薄膜との間には、さらにランタンと  
マグネシウムが添加されたチタン酸鉛 (P L M T) 膜が設けられた薄膜  
微小機械式共振子ジャイロ。

25

26. 請求項14, 18に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

前記第1、第2、第3の圧電薄膜は、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）、または、Mg, Nb, Mnの内から少なくとも1つが加えられたチタン酸ジルコン酸鉛（PZT）系からなる  
5 薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

27. 請求項26に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

前記第1、第2、第3の圧電薄膜において、（001）面が前記  
10 少なくとも一つの主面に平行に配向した菱面体晶構造、または（111）面が前記少なくとも一つの主面に平行に配向した正方晶構造である  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

28. 請求項18に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

15 前記第3、第4、第6の電極は、それぞれの下部に設けられたTi膜と、それぞれの上部に設けられたAu膜とを含む  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

29. 請求項14に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

20 交流電圧が、前記第1と第4の電極が同相で、前記第2と第3の電極が同相で、前記第1と第2の電極が逆相で、印加される  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

30. ナビゲーションシステムであって、

25 請求項14, 18, 20に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロ

を用いた  
ナビゲーションシステム。

31. 自動車であって、

- 5       請求項14, 18, 20に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロ  
が、ヨーレート、ローリング、ピッチングのいずれかを検出するセンサ  
として用いられる  
自動車。

- 10    32. 請求項14に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
前記検知部は、

    i) 前記少なくとも一つの主面上に設けられた前記第1、第2  
の電極に対して離間し、かつ前記第1、第2の電極よりも前記アームの  
先端側に設けられた第5の電極と、

- 15       ii) 前記第5の電極上に設けられた第3の圧電薄膜と、

    iii) 前記第3の圧電薄膜上に設けられた第6の電極とを含み、  
リード部であって、

    i) 前記第1、第2の電極と離間して、それらの間に設けられ、  
前記第5の電極と接続された第1の引き出し電極と、

- 20       ii) 前記第1の引き出し電極上に設けられた第4の圧電薄膜と、

    iii) 前記第4の圧電薄膜上に設けられ、前記第6の電極と接  
続された第2の引き出し電極と  
を含むリード部を、  
さらに含み、

- 25       前記アームの撓みによる振動によって生ずる電荷を、前記第6の

電極により検出する

薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

33. 請求項32に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

5 前記音叉は、シリコン(Si)からなる

薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

34. 請求項33に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

前記Siの(110)面ウエハにおける、(1-11)面または  
10 (-111)面が、前記共振方向(X方向)と直角をなす

薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

35. 請求項33に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

前記Siの(100)面ウエハにおける(010)面、(011)  
15 面または(001)面が、前記共振方向(X方向)と直角をなす

薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

36. 請求項33に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

前記少なくとも一つの主面上に設けられた前記第1、第2、第5  
20 の電極、前記第1の引き出し電極は、それぞれの下部に設けられたTi  
膜と、それぞれの上部に設けられたPt-Ti膜を含む  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

37. 請求項36に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

25 前記Pt-Ti膜と前記圧電薄膜との間には、ランタンとマグネ

シウムが添加されたチタン酸鉛（P L M T）膜が設けられている  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

3 8. 請求項 3 2 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

- 5       前記圧電薄膜は、チタン酸ジルコン酸鉛（P Z T）、または、M  
g, N b, M n の内から少なくとも 1 つが加えられたチタン酸ジルコン  
酸鉛（P Z T）系からなる  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

- 10   3 9. 請求項 3 8 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

      前記圧電薄膜は、（0 0 1）面が前記少なくとも一つの主面に平  
行に配向した菱面体晶構造、または（1 1 1）面が前記少なくとも一つ  
の主面に平行に配向した正方晶構造である  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

15

4 0. 請求項 3 2 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

      前記駆動部は、前記アームのうちの少なくとも一つの、前記少な  
くとも一つの主面のほぼ中央部から基部近傍の間に設けた  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

20

4 1. 請求項 3 2 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、

      前記第 3、第 4、第 6 の電極、前記第 2 の引き出し電極は、それ  
ぞれの下部に設けられた T i 膜と上部に設けられた A u 膜を含む  
薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

25

4 2. 請求項 3 2 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
前記第 1、第 2、第 3、第 4、第 5、第 6 の電極、前記第 1、第 2 の引き出し電極及び前記第 1、第 2、第 3、第 4 の圧電薄膜が、前記中心線に対してほぼ対称になるように配置された

5 薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

4 3. 請求項 3 2 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロであって、  
交流電圧が、前記第 1 と第 4 の電極が同相で、前記第 2 と第 3 の電極が同相で、前記第 1 と第 2 の電極が逆相で、印加される

10 薄膜微小機械式共振子ジャイロ。

4 4. ナビゲーションシステムであって、  
請求項 3 2 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロを用いたナビゲーションシステム。

15

4 5. 自動車であって、  
請求項 3 2 に記載の薄膜微小機械式共振子ジャイロをヨーレート、ローリング、ピッチングのいずれかを検出するセンサとして用いる自動車。

20

1/14

FIG. 1

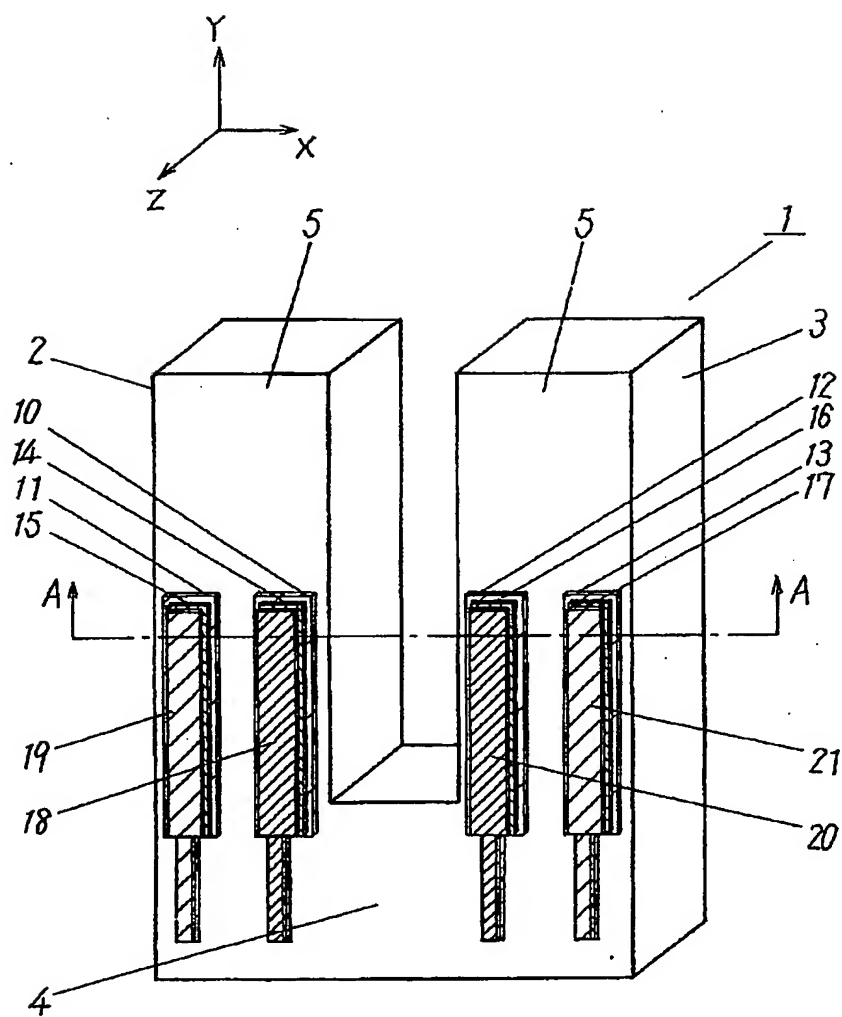
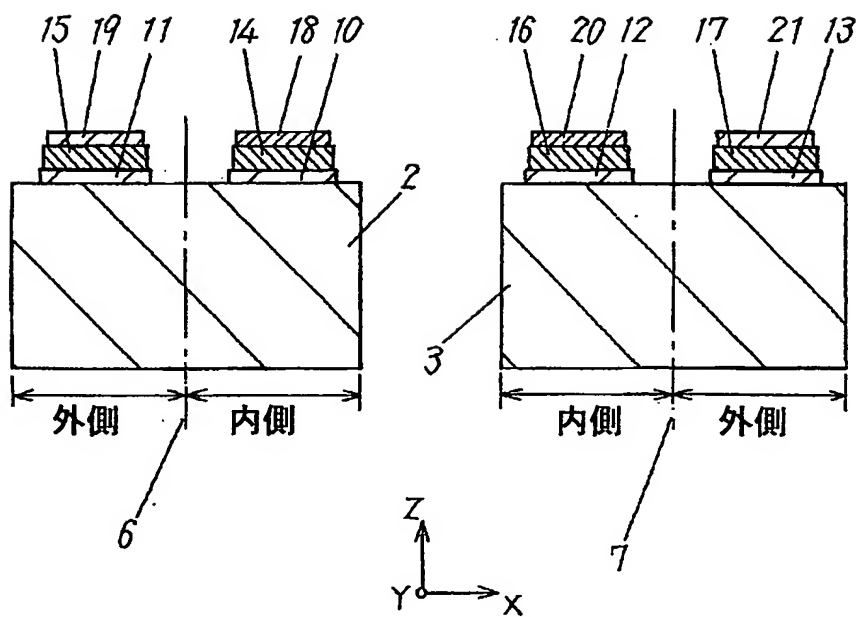




FIG. 2



3/14

FIG. 3

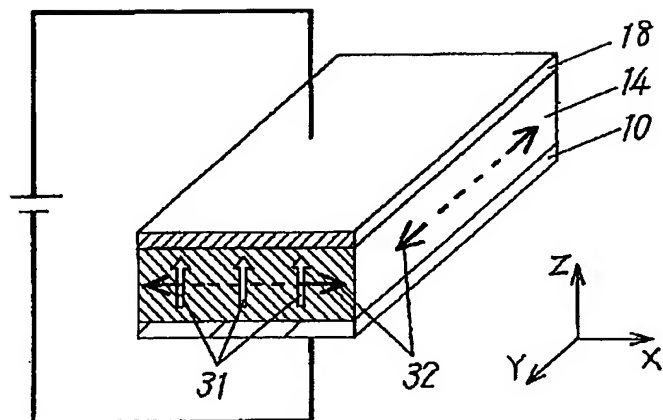


FIG. 4

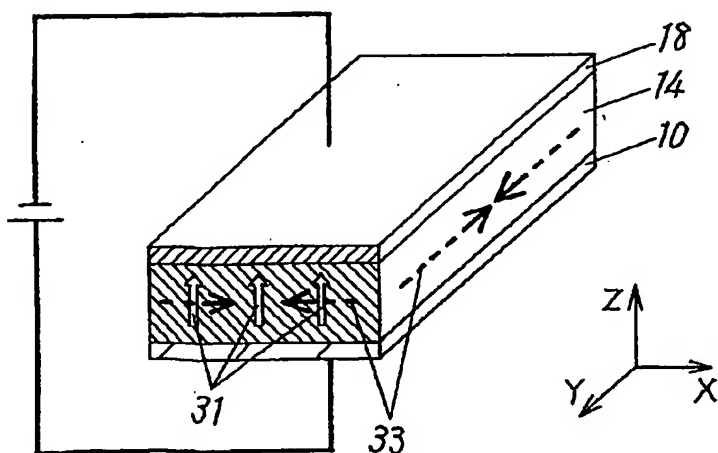
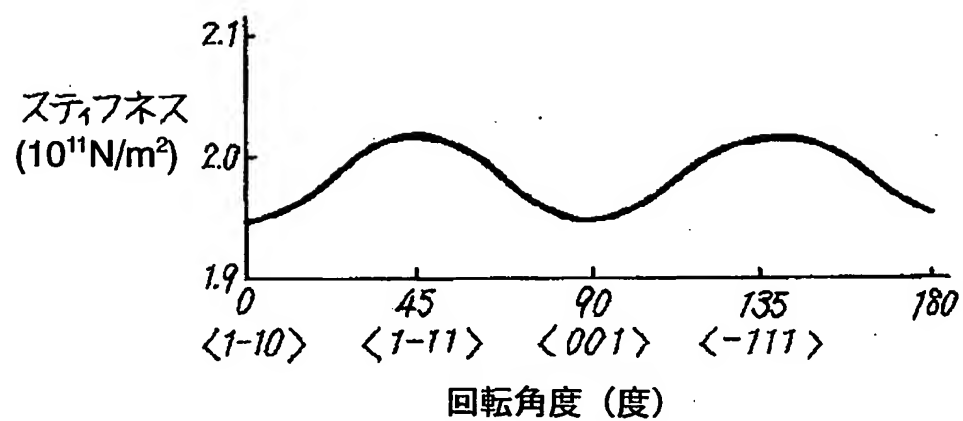


FIG. 5



5/14

FIG. 6

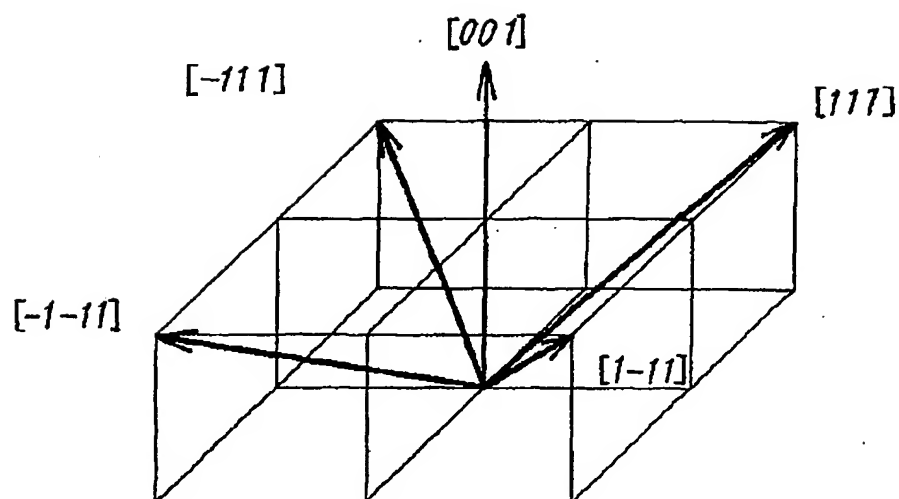
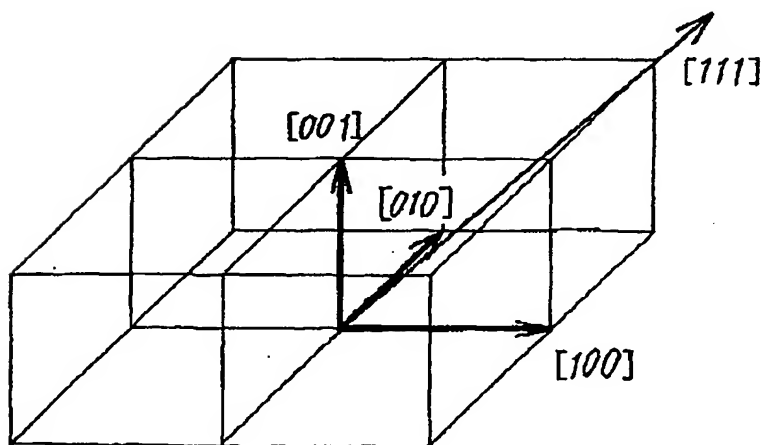


FIG. 7



6/14

FIG.8

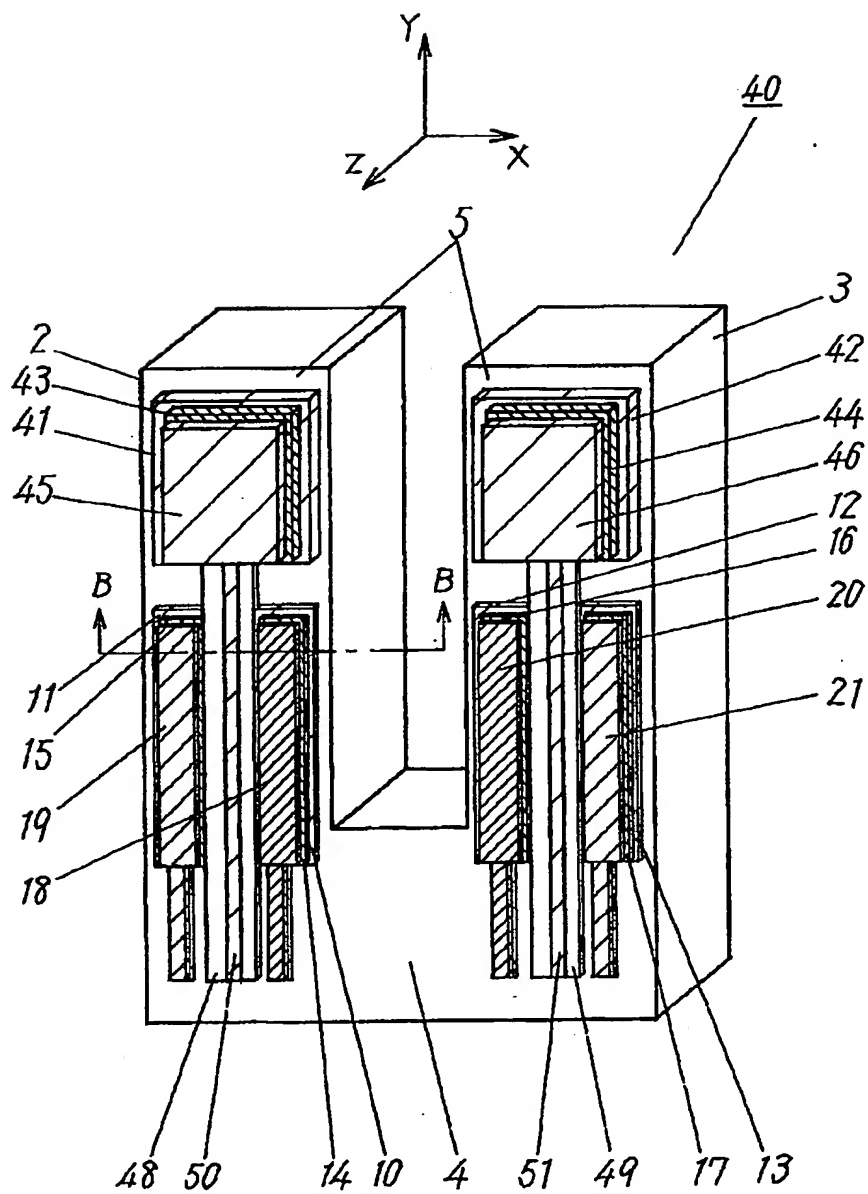


FIG.9

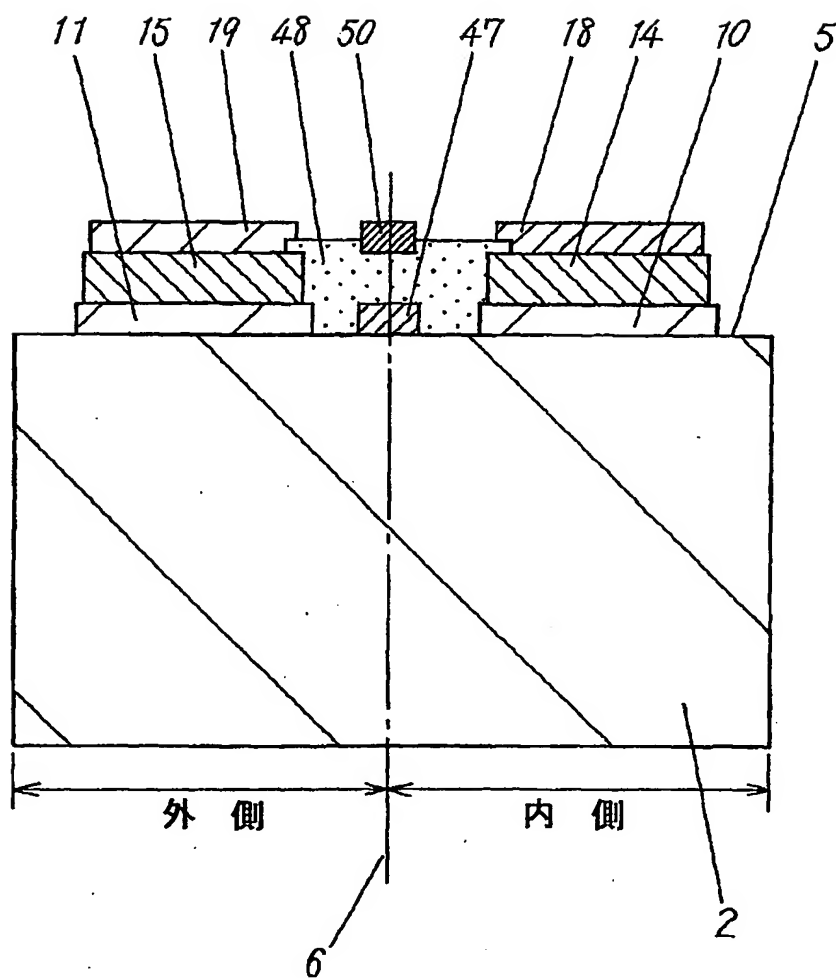


FIG.10A

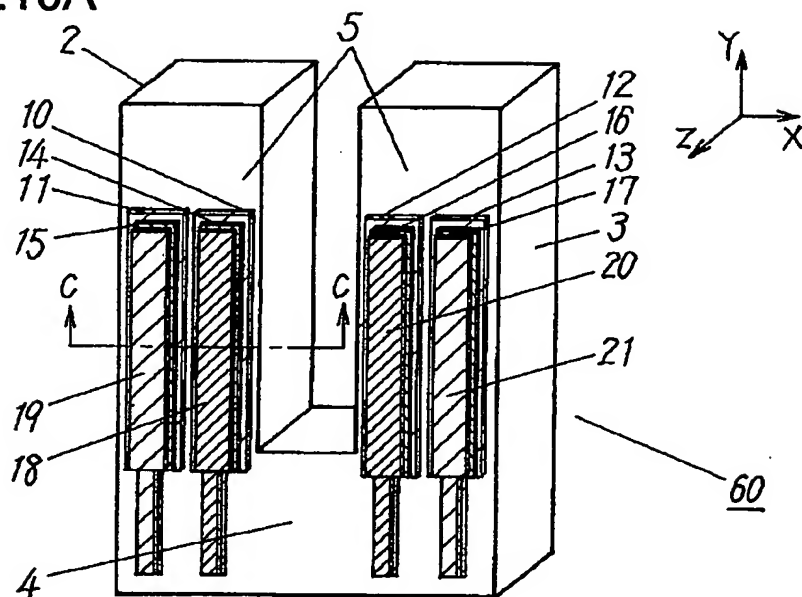
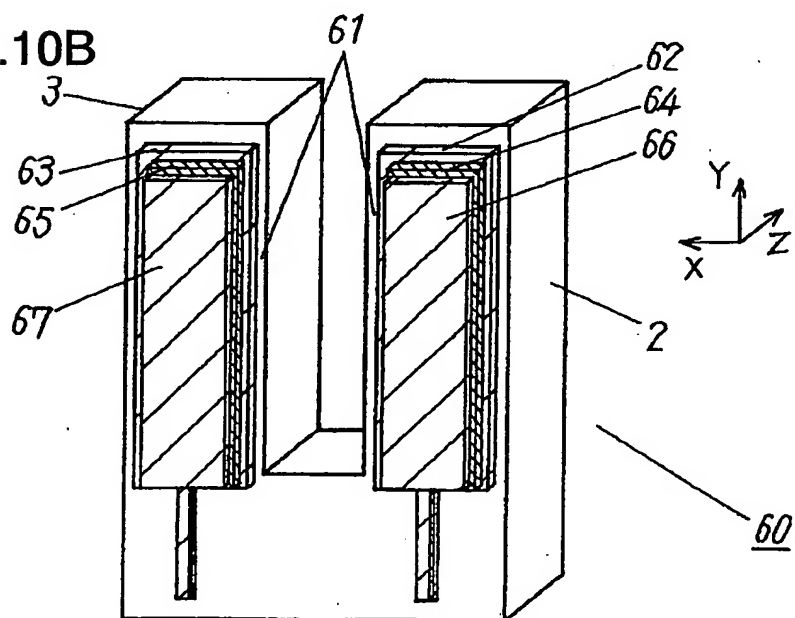


FIG.10B



9/14

FIG.11

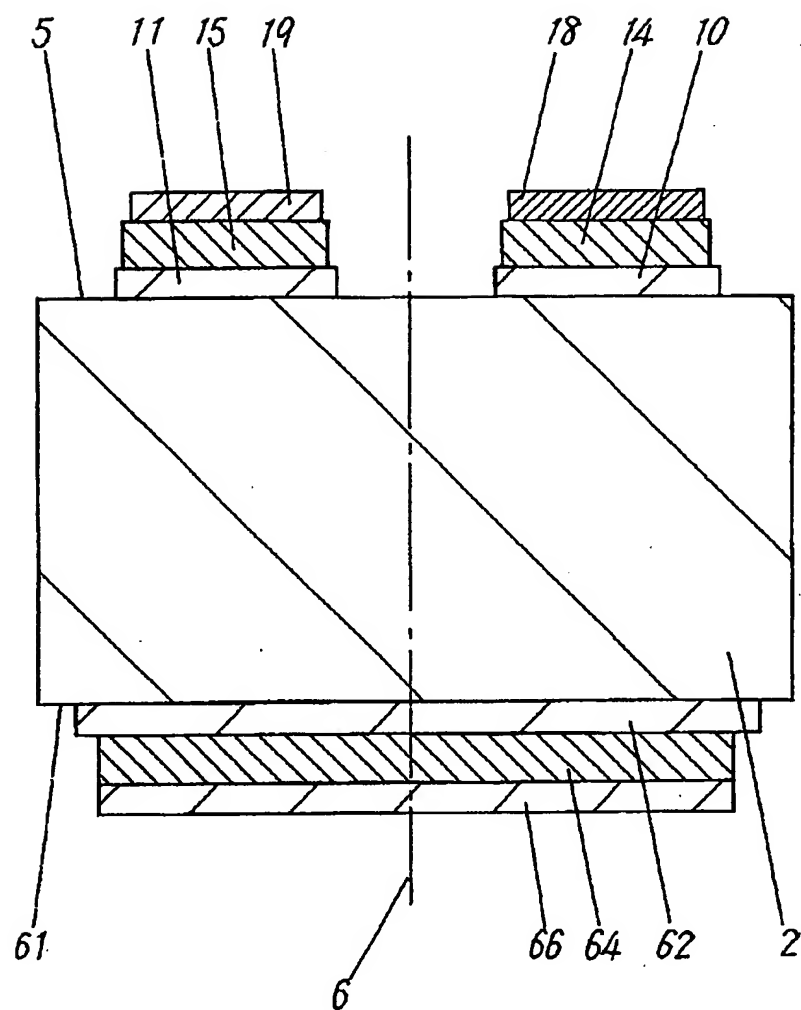




FIG.12

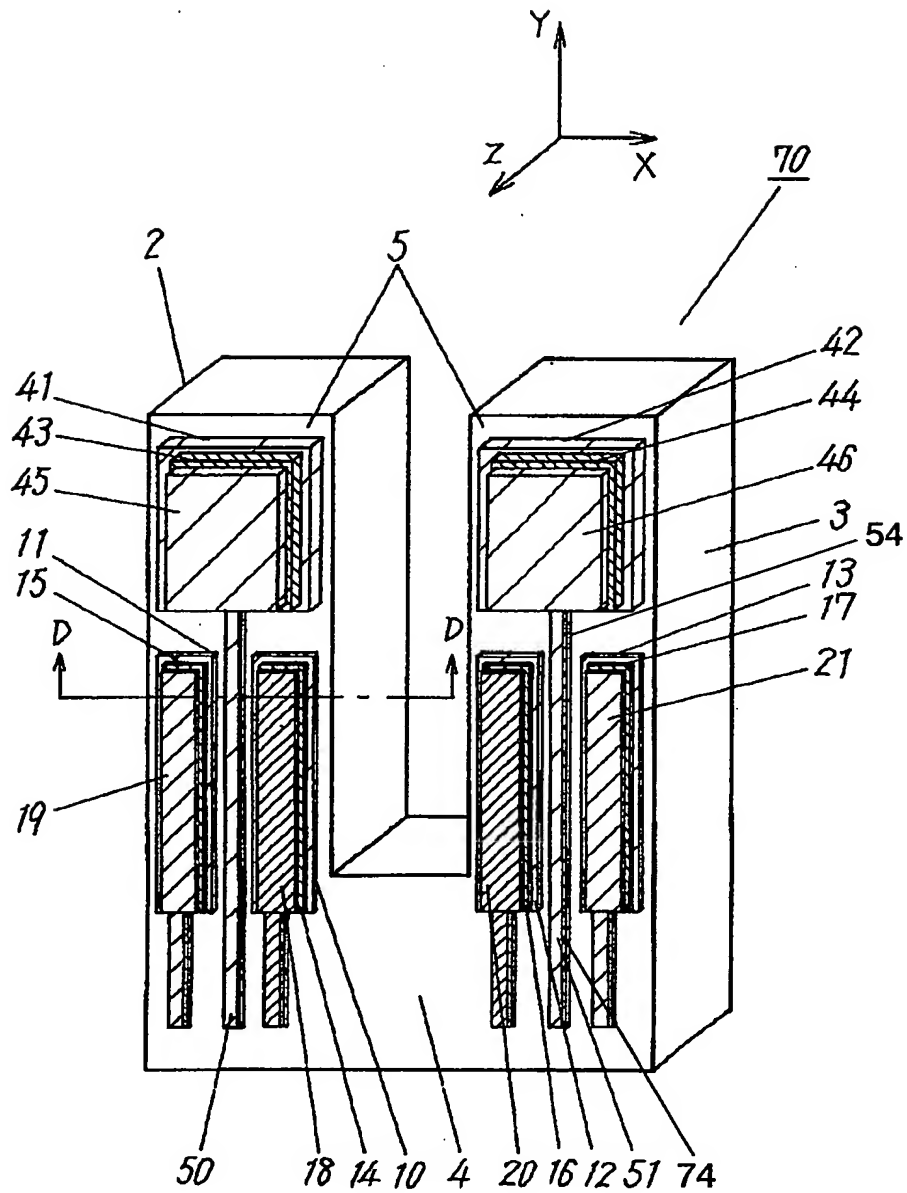
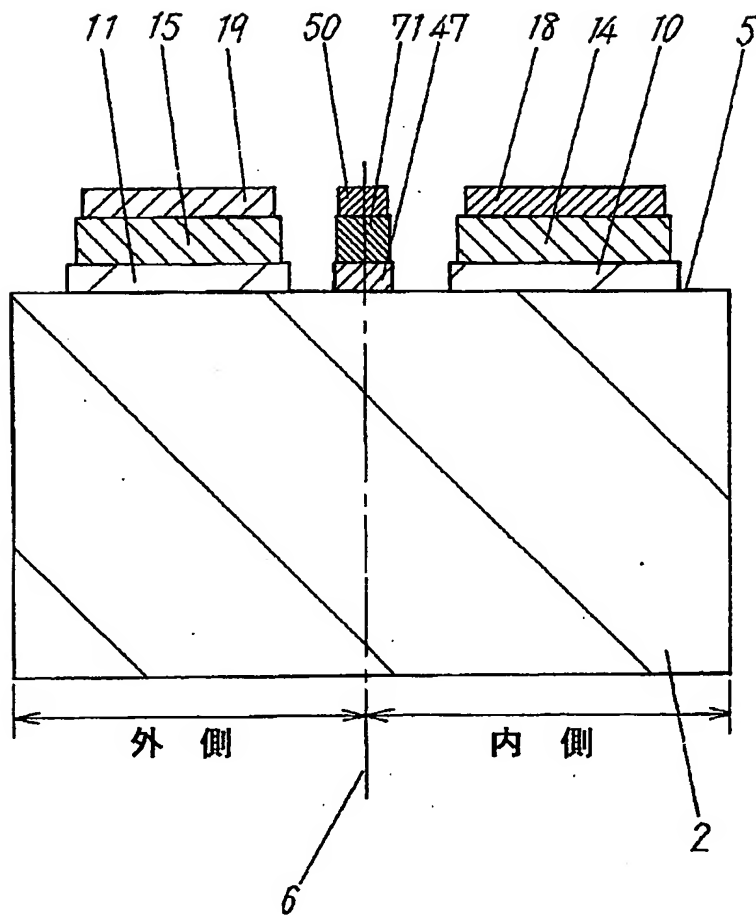
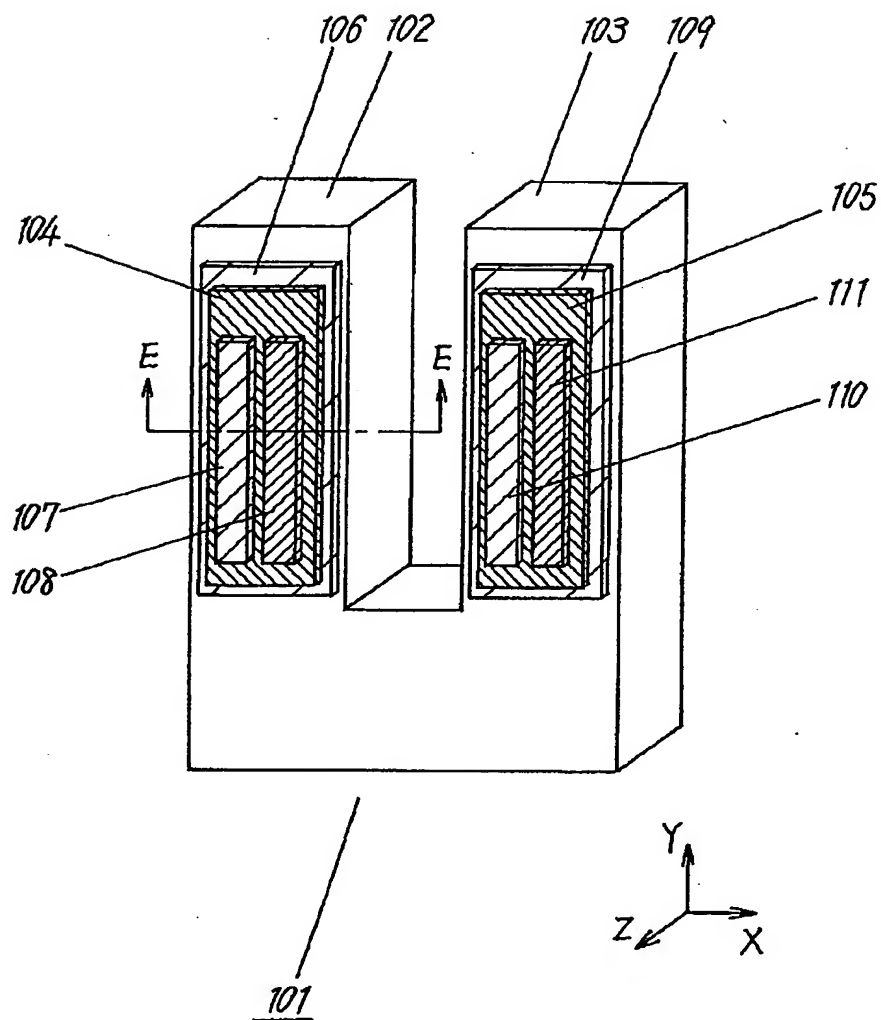


FIG.13



12/14

FIG.14





## 参照符号の一覧表

|                |                |
|----------------|----------------|
| 1              | 薄膜微小機械式共振子     |
| 2, 3           | アーム            |
| 4              | 基部             |
| 5, 6 1         | 主面             |
| 6, 7           | 中心線            |
| 10, 12         | 第1の電極          |
| 11, 13         | 第2の電極          |
| 14, 16         | 第1の圧電薄膜        |
| 15, 17         | 第2の圧電薄膜        |
| 18, 20         | 第3の電極          |
| 19, 21         | 第4の電極          |
| 31             | 分極方向を示す矢印      |
| 32, 33         | 伸縮方向を示す矢印      |
| 40, 60, 70     | 薄膜微小機械式共振子ジャイロ |
| 41, 42, 62, 63 | 第5の電極          |
| 43, 44, 64, 65 | 第3の圧電薄膜        |
| 45, 46, 66, 67 | 第6の電極          |
| 47, 54         | 第1の引き出し電極      |
| 48, 49         | 絶縁膜            |
| 50, 51         | 第2の引き出し電極      |
| 71, 74         | 第4の圧電薄膜        |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/12310

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01C19/56, G01P9/04, G01C21/00, H03H9/17, H01L41/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01C19/56, G01P9/04, G01C21/00, H03H9/17, H01L41/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                          | Relevant to claim No.                          |
|-----------|---|--|
| X         | JP 9-105634 A (Nippon Soken, Inc.),<br>22 April, 1997 (22.04.97),<br>Par. Nos. [0051] to [0052]; Figs. 2, 9 | 1-3, 5, 8-10,<br>12-18, 20-21,<br>24-26, 28-31 |
| Y         | (Family: none)  | 4, 11, 19, 27,<br>32-33, 36-45                 |
| X         | JP 8-5382 A (Nippondenso Co., Ltd.),<br>12 January, 1996 (12.01.96),<br>Figs. 5 to 8                        | 1-3, 5, 8-10,<br>12-18, 20-21,<br>24-26, 28-31 |
| Y         | (Family: none)  | 4, 11, 19, 27,<br>32-33, 36-45                 |
| X         | JP 10-339637 A (Nippon Soken, Inc.),<br>22 December, 1998 (22.12.98),<br>Fig. 5                             | 1-3, 5, 8-10,<br>12-18, 20-21,<br>24-26, 28-31 |
| Y         | & US 6018996 A  | 4, 11, 19, 27,<br>32-33, 36                    |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
19 February, 2003 (19.02.03)Date of mailing of the international search report  
04 March, 2003 (04.03.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/12310

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y         | JP 55-49020 A (Daini Seikosha Kabushiki Kaisha),<br>08 April, 1980 (08.04.80),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)                  | 4,19                  |
| Y         | JP 10-19574 A (Nikon Corp.),<br>23 January, 1998 (23.01.98),<br>Par. No. [0022]; Fig. 6<br>(Family: none)                                    | 11,27,39              |
| Y         | JP 2-218915 A (NEC Home Electronics Ltd.),<br>31 August, 1990 (31.08.90),<br>Page 3, lower left column, lines 11 to 18<br>(Family: none)     | 32-33,36-45           |
| Y         | JP 4-504617 A (Bofors AB.),<br>13 August, 1992 (13.08.92),<br>Fig. 11<br>& EP 460089 A                      & US 5251483 A<br>& WO 90/1096 A | 32-33,36-45           |
| Y         | JP 9-280868 A (Kinseki Kabushiki Kaisha),<br>31 October, 1997 (31.10.97),<br>Fig. 1<br>(Family: none)  | 32-33,36-45           |
| A         | JP 57-160067 A (The Bendix Corp.),<br>02 October, 1982 (02.10.82),<br>Figs. 1, 2<br>(Family: none)   | 6-7,22-23,<br>34-35   |
| A         | JP 5-322579 A (Tamagawa Seiki Co., Ltd.),<br>07 December, 1993 (07.12.93),<br>Par. No. [0015]<br>(Family: none)                              | 6-7,22-23,<br>34-35   |
| A         | US 5438231 A (Rockwell International Corp.),<br>01 August, 1995 (01.08.95),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)                     | 1-45                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/12310

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technique of totally separating a piezoelectric device, not only its electrode part, is mere a known one. Therefore the inventions of claims 1-3; 5; 8-9; 10; 12-18; 20-21; 24-26; 28-31 make no contribution over the prior art (see p.2 of this international search report).

Consequently, the claims do not comply with the requirement of unity of invention.

Claims 4, 19: Insulating Technique

Claims 6-7; 22-23: Technique of selecting of the direction of the face of silicon  
(continued to extra sheet)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP02/12310

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet(1)

Claims 11, 27: Technique of selecting alignment of piezoelectric thin film.

Claims 32-45: Technique of forming a multilayer of lead-out electrode and a piezoelectric thin film

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP02/12310

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>7</sup>G01C19/56, G01P9/04, G01C21/00, H03H9/17, H01L41/08

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>7</sup>G01C19/56, G01P9/04, G01C21/00, H03H9/17, H01L41/08

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号   |
|-----------------|--|--|
| X<br><br>Y      | JP 9-105634 A (株式会社日本自動車部品総合研究所) 1997. 04. 22, [0051] - [0052], 第2図, 第9図 (ファミリーなし) | 1-3, 5, 8-10,<br>12-18, 20-21,<br>24-26, 28-31<br>4, 11, 19, 27,<br>32-33, 36-45 |
| X<br><br>Y      | JP 8-5382 A (日本電装株式会社) 1996. 01. 12, 第5図-第8図 (ファミリーなし)                             | 1-3, 5, 8-10,<br>12-18, 20-21,<br>24-26, 28-31<br>4, 11, 19, 27,                 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19. 02. 03

国際調査報告の発送日

04.03.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

有家 秀郎

電話番号 03-3581-1101 内線 3216



2S

9402

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |  |  |
|-----------------------|--|--|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号                               |
|                       |  | 32-33, 36-45                                   |
| X                     | J P 10-339637 A (株式会社日本自動車部品総合研究<br>所) 1998. 12. 22, 第5図 &US 6018996 A                         | 1-3, 5, 8-10,<br>12-18, 20-21,<br>24-26, 28-31 |
| Y                     |  | 4, 11, 19, 27,<br>32-33, 36                    |
| Y                     | J P 55-49020 A (株式会社第二精工舎) 1980. 0<br>4. 08, 全文, 全図 (ファミリーなし)                                  | 4, 19  |
| Y                     | J P 10-19574 A (株式会社ニコン) 1998. 01.<br>23, [0022] 段, 第6図 (ファミリーなし)                              | 11, 27, 39                                     |
| Y                     | J P 2-218915 A (日本電気ホームエレクトロニクス株<br>式会社) 1990. 08. 31, 第3頁左下欄11行-18行 (フ<br>ァミリーなし)             | 32-33, 36-45                                   |
| Y                     | J P 4-504617 A (ボフォース エービー) 1992.<br>08. 13, 第11図 &EP 460089 A &US 52<br>51483 A &WO 90/1096 A | 32-33, 36-45                                   |
| Y                     | J P 9-280868 A (キンセキ株式会社) 1997. 1<br>0. 31, 第1図 (ファミリーなし)                                      | 32-33, 36-45                                   |
| A                     | J P 57-160067 A (ザ・ベンディックス・コーポレー<br>ション) 1982. 10. 02, 第1図, 第2図 (ファミリーな<br>し)                  | 6-7, 22-23, 3<br>4-35                          |
| A                     | J P 5-322579 A (多摩川精機株式会社) 1993. 1<br>2. 07, [0015] 段 (ファミリーなし)                                | 6-7, 22-23, 3<br>4-35                          |
| A                     | US 5438231 A (Rockwell International Corporatio<br>n) 1995. 08. 01, 全文, 全図 (ファミリーなし)           | 1-45   |

## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT 17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

圧電素子を、電極部分のみを分割するのではなく、完全セパレートに形成することは、単なる周知技術に過ぎず、請求の範囲1-3, 5, 8-9, 10, 12-18, 20-21, 24-26, 28-31は先行技術を超えて貢献を行うものではない (本調査報告第2ページ参照)。

よって、下記の発明が単一性を満たさないことは明らかである。

請求の範囲4, 19; 絶縁技術  
請求の範囲6-7, 22-23; シリコンの面方向選定技術  
請求の範囲11, 27; 圧電薄膜の配向選定技術  
請求の範囲32-45; 引き出し電極を圧電薄膜と積層する技術

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。